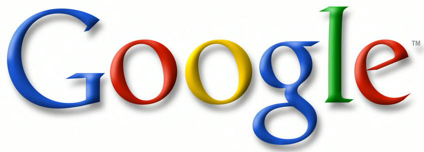
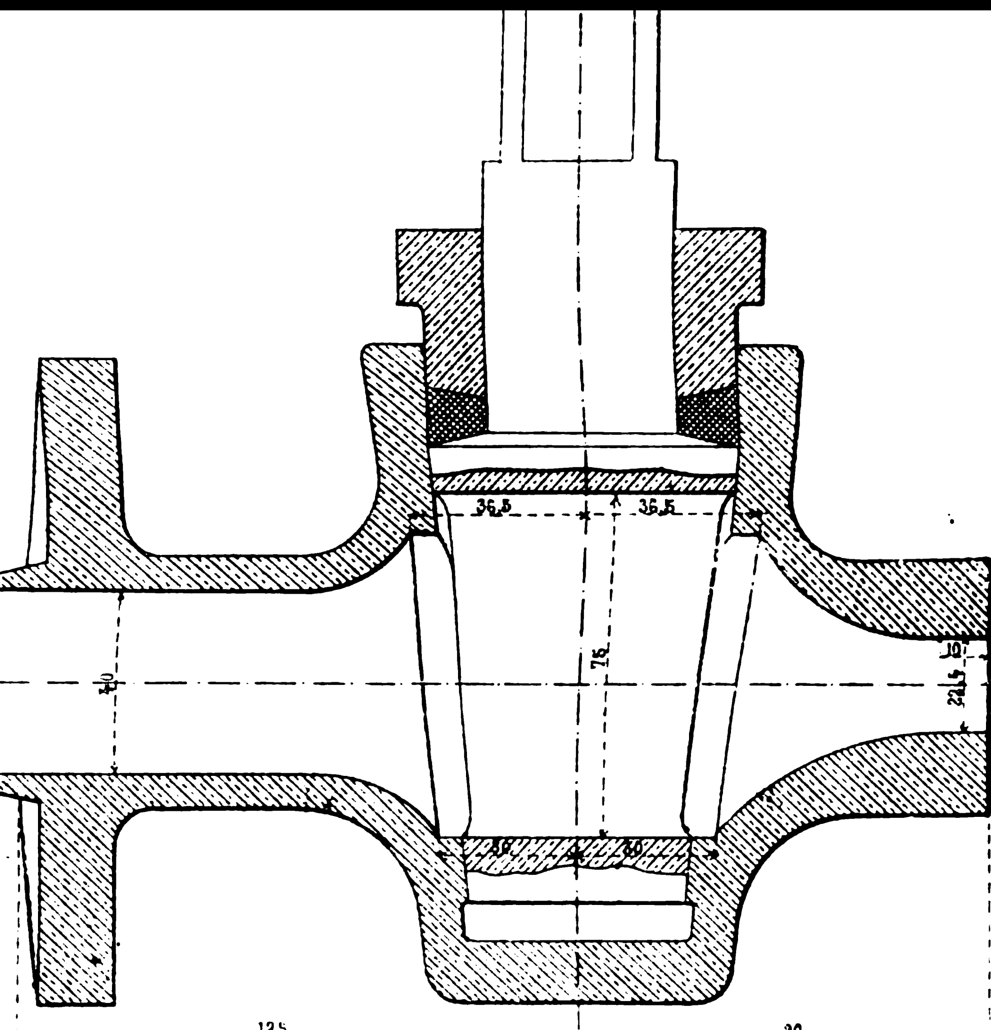
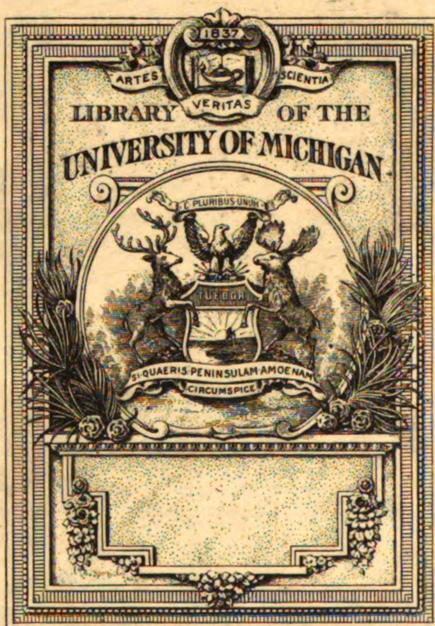




Annales des mines

France. Commission des
Annales des mines


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANNALES

DES MINES

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'Administration des Mines et sous la direction d'une commission spéciale, nommée par le Ministre des travaux publics. Cette commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le chef du cabinet, du personnel et du secrétariat, est composée ainsi qu'il suit :

L'Administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des travaux publics*, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des ANNALES DES MINES.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé 10 francs par planche et par cent exemplaires ou fraction de centaine. Les planches extraordinaires sont payées au prix de revient.

Le brochage, y compris converture imprimée et faux-frais, est payé, pour une feuille seule ou une fraction de feuille, 3 francs le premier cent et 1f,25 pour chaque centaine ou fraction de centaine en plus. Pour chaque planche, ou chaque nouvelle feuille de texte, il sera payé 0f,25 par chaque centaine d'exemplaires.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par livraisons, qui paraissent tous les mois.

Les douze livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 120 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'étranger.

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT.

RÉDIGÉES ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE

MÉMOIRES. — TOME II

PARIS

V[ve] Ch. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, n° 49

1892

ANNALES
DES MINES

FABRICATION DE LA FONTE

DANS LE LUXEMBOURG ET LES PROVINCES DU RHIN

D'APRÈS DES RENSEIGNEMENTS RÉCENTS

Par M. G. BRESSON, Ingénieur civil des mines.

Le vaste gisement de minerais oolithiques situé dans la région où la Meuse et la Moselle, après avoir coulé parallèlement vers le nord, s'écartent peu à peu l'une de l'autre, est utilisé aujourd'hui par quatre groupes d'établissements métallurgiques qui peuvent se classer comme il suit :

1° *Nos usines françaises du département de Meurthe-et-Moselle*, dont la production en fonte a été, dans l'année 1891, de 1.078.632 tonnes, ce qui représente plus de la moitié de la production totale de la France.

2° *Les usines d'Alsace-Lorraine*, formées en partie par les établissements français existant avant la guerre de 1870, en partie par les créations des Allemands après l'annexion. Il convient de réunir à ce groupe les usines de la Sarre qui, quoique situées dans une autre division administrative de l'empire, se rattachent aux usines lorraines par leurs conditions d'exploitation.

3° *Les usines du Luxembourg*, consistant jusqu'à présent surtout en hauts fourneaux, mais où les aciéries et les laminoirs se développent de jour en jour. C'est dans le Luxembourg que la formation oolithique se présente avec ses variétés les mieux utilisables; les charbons belges et allemands se disputent ce marché. Le grand-duché est donc aujourd'hui le pays de l'Europe, et l'on peut dire du monde entier, où la fonte peut être obtenue dans les conditions les meilleures.

4° *Les usines du bassin de la Ruhr*, c'est-à-dire celles qui, situées directement sur le charbon à l'encontre de celles des trois groupes précédents, ont, au contraire, à subir d'assez longs parcours pour leurs approvisionnements de minerais, empruntés à différentes sources. La marche des hauts fourneaux y présente donc une complication plus grande que dans les établissements précédents; mais, peut-être à cause de cette difficulté même, les usines à fer et surtout les aciéries de cette région ont toujours été à la tête de l'industrie métallurgique allemande.

C'est, on voudra bien s'en souvenir, dans une usine de la Ruhr que le procédé Thomas a fait ses débuts sur le continent, et c'est là aussi que ses progrès ont été les plus rapides, car la production de ce métal, en 1892, a été plus grande en Allemagne que dans tous les autres États de l'Europe réunis.

Nous nous proposons, dans cette rapide étude, de rechercher les principaux caractères de la fabrication actuelle de la fonte dans les régions ci-dessus énumérées. Il ne sera pas question du groupe français de Meurthe-et-Moselle, qui a été l'objet de diverses communications encore récentes (*). Quant à l'Allemagne, nous nous aiderons des nombreuses publications techniques de ce

(*) Voir, dans le *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, les rapports faits au Congrès de 1887.

pays et aussi des excellentes notes d'un voyage fait depuis peu par un de nos compatriotes, et que nous avons eu l'avantage d'avoir entre les mains.

Matières premières. — Les minerais oolithiques forment à peu près exclusivement dans le Luxembourg, pour la plus grande part dans les provinces du Rhin, la matière première de la production de la fonte. Les chiffres suivants indiquent le développement et l'importance de cette extraction :

	1888	1889	1890
	tonnes	tonnes	tonnes
Lorraine.	2.805.000	2.959.000	3.256.000
Luxembourg	3.262.000	3.170.000	3.359.000
Ensemble.	6.067.000	6.129.000	6.615.000

Le chiffre total de 6.615.000 tonnes représente les 58/100 de la production totale de l'Allemagne. Si on y ajoute 2.500.000 tonnes environ pour notre extraction de Meurthe-et-Moselle, on arrive pour l'ensemble de la formation à 9 millions de tonnes environ. Aucun gisement ne saurait donc lui être comparé.

La faible teneur des minerais oolithiques rend leur emploi relativement coûteux lorsque les chemins de fer doivent intervenir dans leur transport. Un coup d'œil jeté sur une carte de l'Allemagne du nord permettra de se rendre compte de la distance entre la ville de Luxembourg prise comme centre principal de production, et celle de Dortmund admise comme point limite d'emploi. La carte montrera également que la Moselle, puis le Rhin offriraient une voie d'eau bien appropriée si les obstacles à la navigation que présente le premier de ces deux fleuves venaient à être écartés. Il est intéressant de voir avec quelle persévérance les maitres de forges de la Ruhr poursuivent depuis plusieurs années les démarches relatives à la canalisation de la Moselle ; mais ils se heurtent sur ce terrain à

l'opposition des propriétaires de mines de la vallée de la Lahn et de la Sieg, dont les minerais devraient alors reculer devant cette nouvelle invasion de la minette luxembourgeoise. En 1890, la région de la Lahn a encore extrait 781.000 tonnes et le pays de Siegen 997.000. On sait que ces minerais sont des hématites brunes, manganésifères pour la plupart, et ce sont elles qui, jointes aux minerais houillers dont le district de Dortmund a encore produit 430.000 tonnes en 1890, forment les lits de fusion des usines de Hoerde et des hauts fourneaux voisins. En y ajoutant les scories de toute nature, on arrive ainsi à un rendement maximum d'environ 37 p. 100, chiffre qui ne peut guère être dépassé qu'en recourant à des minerais de provenance étrangère. Ce sont en pareil cas les minerais de Bilbao qui viennent enrichir le dosage. L'Allemagne en a importé en 1872 plus de 700.000 tonnes pour la fabrication des fontes de qualité supérieure.

Nous n'avons que quelques mots à dire du combustible employé. Les cokes de la Ruhr sont classés depuis longtemps parmi les meilleurs cokes métallurgiques, aussi bien pour leur faible teneur en cendres que pour leur résistance à l'écrasement; ils sont peut-être un peu plus sulfureux que nos cokes du nord de la France; mais employés surtout en allure chaude pour la fabrication de la fonte Thomas, où le manganèse intervient nécessairement dans le dosage, leur teneur en soufre ne constitue pas un inconvénient sérieux.

Après n'avoir pendant longtemps accordé qu'une attention médiocre aux procédés de fabrication du coke, qui permettent de recueillir les sous-produits, les ingénieurs de la Ruhr commencent à en voir toute l'importance. Cette question a longuement occupé les membres de l'Association des métallurgistes allemands dans leur dernière assemblée générale tenue à Düsseldorf le 31 janvier dernier. C'est M. Luermann, le constructeur bien connu de la

tuyère à laitier pour les hauts fourneaux, qui s'est fait le porte-parole des progrès accomplis. Cette question étant un peu en dehors du sujet qui nous occupe, nous nous bornons à signaler sa communication qu'on trouvera *in extenso* dans le n° 5 (1er mars 1892) du journal *Stahl und Eisen*.

Dimensions et mode de construction des hauts fourneaux. — Les nombreuses communications faites depuis peu sur la marche des hauts fourneaux américains ont remis à l'ordre du jour l'étude de ces appareils. Une note toute récente de M. E. de Billy a fait connaître ici même ce qui se fait actuellement en Amérique (*). Il peut être intéressant de rechercher dans quelle mesure les errements américains ont été suivis chez nos voisins. M. de Billy, cite comme ayant donné les résultats les plus satisfaisants, les hauts fourneaux H et I de l'usine Edgard Thomson, mis en marche vers la fin de l'année dernière. C'est dans le Luxembourg que nous avons pu trouver des installations qui, sans être comparables à celles des environs de Pittsburg, surtout au point de vue de la production journalière, permettent de tenter le rapprochement qui suit :

		N° 1 AMÉRIQUE	N° 2 LUXEMBOURG
Hauteur	(mètres)	27,00	20,00
Diamètre. . . au ventre	id.	6,60	7,50
Diamètre. . . au gueulard	id.	4,65	4,10
Diamètre. . . au creuset	id.	3,30	3,00
Capacité du haut fourneau	(m. cub.)	540	500
Volume de vent soufflé	id	730	500
Température du vent	(degrés)	625	850
Pression du vent	(centim.)	47	18
Nombre de tuyères	»	7	6
Rendement au lit de fusion	(p. 100)	62	34
Consommation de coke	(kilogr.)	840	1.050
Production par 24 heures	(tonnes)	350	100

(*) Note sur la fabrication de la fonte aux États-Unis, par M. E. de Billy, ingénieur des mines, *Annales des mines*, livraison de janvier 1892.

La comparaison des chiffres de ce tableau suggère les réflexions suivantes :

La capacité totale du haut fourneau américain et du haut fourneau luxembourgeois ne diffère pas d'une manière bien sensible, mais le premier est beaucoup plus élancé que le second. Notre type n° 2 rentre manifestement dans le type que Gruner a désigné autrefois sous le nom de *trapu*. Le diamètre de $7^m,50$ au ventre est, à vrai dire, exceptionnel ; c'est le maximum que nous ayons rencontré, et la plupart des hauts fourneaux traitant actuellement des minerais oolithiques ont plutôt $6^m,50$ que $7^m,50$ à cette dimension, mais le fourneau que nous avons pris comme élément de comparaison est un des derniers construits, et la tendance actuelle paraît être, si l'on veut augmenter la capacité, de le faire plutôt en donnant de la largeur que de la hauteur, car après avoir atteint des hauteurs de 25 mètres on est redescendu partout sur le continent au-dessous de ce dernier chiffre. Les Américains feront-ils aussi à leur tour un pas en arrière, c'est ce que l'avenir montrera.

C'est à la haute pression et surtout à la constance du volume de vent injecté qu'on attribue généralement la forte production des fourneaux américains, sans oublier bien entendu la teneur des minerais, qui est presque double en Amérique de ce qu'elle est dans le Luxembourg et les pays voisins. Jusqu'à présent on a plutôt cherché en Europe à augmenter la température que le volume du vent, et on est arrivé, dans les installations qui nous sont connues, à un maximum qu'il sera difficile de dépasser. Les appareils Cowper ont pris décidément le pas sur les Whitwell ; on a à la fois augmenté leurs dimensions et multiplié leur nombre. Un fourneau présentant les dimensions indiquées ci-dessus est ordinairement muni de quatre de ces appareils, ayant une hauteur égale à la sienne, avec un diamètre de 6 mètres au moins. La surface de chauffe étant

encore augmentée par des combinaisons ingénieuses des empilages en briques réfractaires, on a été conduit à développer également le tirage. Une hauteur de 50 mètres pour la cheminée des appareils se rencontre donc assez fréquemment.

La comparaison des souffleries allemandes et luxembourgeoises avec celles d'Amérique donne aussi lieu à quelques observations. La construction de ces machines a toujours été considérée comme délicate et est restée le monopole d'un petit nombre d'établissements. L'usine de Seraing occupe parmi eux une place absolument prépondérante. Sans prétendre établir une statistique rigoureuse, on peut avancer que la moitié au moins des hauts fourneaux du Nord et de l'Est de la France, de la Belgique et du Luxembourg sont munis de souffleries sorties des ateliers John Cockerill. Des constructeurs allemands ont bien livré quelques types de machines horizontales et de machines à balancier heureusement étudiées, mais l'usine de Seraing n'en reste pas moins le fournisseur le plus attitré du type vertical à cylindres superposés que les Américains eux-mêmes ont presque partout adopté. La différence entre les deux pays consiste en ce fait que, jusqu'à présent, la machine soufflante européenne avait de grandes dimensions et une faible vitesse (grand type de Seraing : cylindre soufflant $D = 3^m,00$, Course $= 2^m,44$, Vitesse $= 12$ à 15 tours), tandis que nous trouvons, pour les machines américaines adoptées presque partout, une course de $1^m,52$ avec des diamètres du cylindre soufflant variant de $1^m,62$ à $2^m,13$. La vitesse est, il est vrai, portée à 30 et même 40 tours, de sorte que le volume injecté atteint néanmoins, dans les deux cas, aux environs de 400 mètres cubes. Pour arriver aux grosses productions qui caractérisent leurs installations, les Américains consacrent en général deux souffleries à la marche d'un seul haut fourneau. Aux établissements de l'Illinois

Steel C°, dix machines avec des cylindres soufflants de 1m,62 sur 1m,52 donnent le vent à quatre hauts fourneaux.

On paraît, du reste, vouloir se rapprocher en Europe de cette disposition, car la Société John Cockerill a livré dans ces derniers temps un nouveau type de machine soufflante marchant à la vitesse de 30 tours et pouvant, avec un moindre volume de la machine, fournir le vent aux grands hauts fourneaux qu'on construit aujourd'hui.

Pour préciser la différence entre les deux types, nous en résumons ci-dessous les dimensions principales, en utilisant des renseignements que la Société John Cockerill a bien voulu nous communiquer tout récemment :

A. *Machine soufflante verticale, système Woolf, du type habituel de Seraing, mais perfectionné, installé en* 1889.

Diamètre du cylindre à vapeur	à basse pression	1m,200
	à haute pression	0 ,850
	à vent	3 ,000
Course des pistons		2 ,440
Distribution par soupapes.		
Nombre de tours par minute		15
Diamètre de la pompe à air à simple effet		0m,760
Course du piston		1 ,220
Diamètre des pompes de tuyères à simple effet		0 ,250
Course des pistons		1 ,220
Diamètre du piston plongeur de la pompe alimentaire.		0 ,140
Course		1 ,220
Pression effective de la vapeur aux chaudières		5atm
Pression du vent en centimètres de mercure jusqu'à		25

B. *Machine soufflante verticale Compound, nouveau type, installé en* 1892.

Diamètre	du grand cylindre à vapeur	1m,500
	du petit id.	0 ,900
	des cylindres à vent	2 ,350
Course des pistons		1 ,500

Distribution par tiroirs pistons. — Détente variable à la main.

Nombre de tours par minute.	30
Diamètre de la pompe à air à simple effet.	0m,750
Course du piston.	0 ,750
Diamètre de la pompe alimentaire.	0 ,150
Course du piston plongeur	0 ,750
Pression effective de la vapeur.	4atm
Pression du vent en centimètres de mercure.	20

Le point essentiel à noter, c'est que le nouveau type possède deux cylindres soufflants au lieu d'un seul; le diamètre de chacun des deux cylindres est de 2m,35, tandis que cette dimension pour le cylindre unique est de 3 mètres; la course des pistons a été aussi ramenée de 2m,44 à 1m,50. Notons enfin que, tandis que dans l'ancien type le grand et le petit cylindre à vapeur accolés se trouvaient à la hauteur du plancher du bâtiment, ces deux cylindres, complètement séparés dans la nouvelle disposition, sont portés par des bâtis distants l'un de l'autre de 4m,15 et se trouvent à une distance de 6 mètres au-dessus du plancher. C'est là ce qui, au point de vue des dispositions générales de la machine, constitue la principale différence entre le nouveau type et l'ancien.

Nous terminerons ces quelques considérations générales par l'examen de deux questions, dont une bonne solution contribue dans une large mesure à la marche régulière du haut fourneau. Nous voulons parler de la conservation de son profil et du mode de fermeture du gueulard.

Sur le premier point tout le monde est d'accord. Il importe au plus haut degré, pour la descente régulière des charges, que le profil se maintienne invariable, ou du moins aussi invariable que possible, car des altérations sont à peu près inévitables, surtout avec les laitiers manganésifères qui sont la conséquence forcée de la production des fontes Thomas. Le remède à employer consiste dans un refroidissement de la maçonnerie réfractaire pour toute la partie comprise entre le ventre et les

tuyères. Depuis longtemps déjà on employait à cet effet des nappes d'eau s'écoulant le long de la paroi extérieure des étalages ; on emploie aujourd'hui de préférence la disposition, connue du reste depuis longtemps, qui consiste à introduire dans la maçonnerie réfractaire elle-même des bâches métalliques à circulation d'eau, aussi rapprochées que possible de la paroi intérieure où l'usure se produit.

M. de Billy indique pour les hauts fourneaux américains : « à la partie inférieure du creuset, un blindage de plaques de fonte sans circulation d'eau, au-dessus un *corset* en fonte à circulation d'eau où sont ménagées les embrasures des tuyères, enfin pour les étalages deux ceintures en fonte à circulation d'eau. » Ce sont là les dispositions qui ont été aussi adoptées pour les hauts fourneaux du Luxembourg et de la Prusse rhénane dernièrement construits. En résumé, quelles que soient les dispositions de détail adoptées, le refroidissement, aussi énergique que possible, de toute la partie inférieure de l'appareillage, est aujourd'hui une des principales préoccupations des constructeurs de hauts fourneaux. C'est là un point qui nous paraît bien établi.

Nous ne trouvons pas la même unanimité en ce qui concerne la fermeture du gueulard. Il ne s'agit bien entendu ici que de la région qui nous occupe, car la pratique qui consiste à marcher avec des gueulards ouverts ne se rencontre plus guère, croyons-nous, que dans les usines traitant les minerais oolithiques de la Lorraine et du Luxembourg ; mais là elle a encore des partisans déterminés. Nous connaissons un établissement où l'éclectisme est poussé à un point tel que la moitié des hauts fourneaux y marche avec le gueulard ouvert, et l'autre moitié avec un appareil de fermeture sans qu'on ait constaté, dit-on, une différence sensible dans la quantité des gaz recueillis. Dans le premier cas, il est vrai, on a soin

d'installer des prises de gaz à grande section, complétées par un tirage énergique, de telle sorte que la presque totalité des gaz arrivés au gueulard y soit attirée sans pourtant qu'il y ait aspiration d'air. Si cet équilibre pouvait être effectivement atteint, on trouverait évidemment avantage, aussi bien sous le rapport de la construction que de l'exploitation, à supprimer les appareils de fermeture; mais si cet équilibre est possible théoriquement, mille circonstances dans la pratique viennent l'altérer. Nous nous sommes aussi laissé dire que les gaz de ces hauts fourneaux traitant des minerais oolithiques crus, et par suite très chargés de vapeur d'eau et d'acide carbonique, ayant une moindre valeur que ceux provenant du traitement de minerais moins hydratés ou grillés, on pouvait moins craindre d'en laisser perdre. Cette raison ne serait pas non plus bien péremptoire, car il faudrait d'autant plus suppléer à la qualité par la quantité. Il vaut mieux, ce nous semble, considérer les gueulards ouverts comme les derniers vestiges d'une époque où, la concurrence étant moins vive, ces régions particulièrement favorisées sous le rapport des matières premières pouvaient faire quelques sacrifices à la simplicité des appareils de fabrication. Les gueulards ouverts paraissent devoir, ici comme partout ailleurs, faire place à des dispositions plus parfaites.

Statistique de la production de la fonte; examen des diverses qualités. — Les statistiques très complètes publiées par le *Stahl und Eisen*, qui est, comme on sait, l'organe attitré de l'Association des métallurgistes allemands, divisent la fonte en quatre groupes, d'après la qualité :

1° Fonte à puddler et miroitante (spiegleisen);
2° Fonte Bessemer (acide);
3° Fonte Thomas;
4° Fonte de moulage et moulages de première fusion.

Pour chacune de ces variétés, on distingue ensuite la provenance géographique, et à cet effet le territoire de l'empire est divisé en six groupes constitués comme il suit :

1°	Groupe	Nord-Ouest	(Westphalie et Prusse rhénane);
2°	Id.	Sud-Ouest	(Bassin de la Sarre et Lorraine);
3°	Id.	Sud	(Bavière, Wurtemberg, Luxembourg, Hesse, Nassau, Alsace);
4°	Id.	Nord	(Saxe, Brandebourg, Hanovre);
5°	Id.	Central	(Saxe, Thuringe);
6°	Id.	Est	(Silésie).

On remarquera en passant que la composition de ces groupes est assez arbitraire. On peut s'étonner de voir le Luxembourg figurer dans le groupe sud, alors que la Lorraine est comprise dans le groupe sud-ouest. On peut aussi rappeler que le Luxembourg ne saurait figurer dans une statistique de l'empire allemand qu'en invoquant ces conventions commerciales (Zollverein) dont l'Allemagne a toujours su tirer grand parti, et qui ont été les avant-coureurs d'annexions territoriales consacrant ses ambitions d'une manière définitive.

Quoi qu'il en soit, on peut admettre que les groupes 1, 2 et 3 forment le territoire que nous envisageons en ce moment. Il n'y aurait à en exclure que la Bavière, le Wurtemberg et la Hesse, dont la production, peu considérable, ne saurait modifier les conclusions qu'on pourra tirer de cette étude.

La production totale de la fonte y a été, en 1891, de 3.788.924 tonnes, celle de l'Allemagne entière s'élevant à 4.452.019 tonnes. Le territoire exploitant principalement la formation oolithique, à laquelle nous puisons aussi, a donc produit l'année dernière plus des quatre cinquièmes de ce qu'a donné l'empire allemand tout entier.

Réparti maintenant suivant les quatre qualités de fonte, ce tonnage se décompose comme il suit :

Fonte de puddlage et miroitante	1.436.034 tonnes.
Fonte Bessemer	376.370
Fonte Thomas	1.431.360
Fonte de moulage et de première fusion.	545.160
	3.788.924 tonnes.

On sera frappé, en examinant ces chiffres, du développement considérable qu'a pris la fabrication de la fonte Thomas ; elle est près de cinq fois plus considérable que celle de l'ancienne fonte Bessemer acide ; il peut donc être intéressant d'examiner, pour finir, quelle est aujourd'hui la formule de cette fonte en Allemagne et dans quelles conditions on l'obtient le plus ordinairement au haut fourneau.

Pour bien poser le problème, il importe de rappeler qu'en Allemagne comme en France l'affinage au convertisseur Thomas se pratique encore aujourd'hui de deux manières. Dans le premier cas, la fonte est prise directement au haut fourneau pour être traitée en première fusion ; dans le second, cette fonte est refondue au cubilot avant d'être chargée dans la cornue. Une des plus grandes aciéries allemandes, celle de Rothe-Erde, près d'Aix-la-Chapelle, emploie exclusivement la seconde méthode ; la refonte s'y fait, il est vrai, dans des cubilots mesurant 3 mètres de diamètre, 7 mètres de hauteur, soufflés par six tuyères et pouvant livrer 10 tonnes de fonte liquide en une demi-heure environ. Par leurs dimensions, ces appareils se rapprochent donc bien plutôt des anciens petits hauts fourneaux au bois que des cubilots de fonderie ordinaire, et on conçoit que la seconde fusion puisse y être faite très économiquement. Cette manière de faire a, en outre, l'avantage incontestable de permettre le traitement de fontes dont la régularité de composition a pu être reconnue par des analyses aussi nombreuses qu'on l'a jugé nécessaire, et de mettre le travail du convertisseur, toujours si difficile à régler quoi qu'on

fasse, aussi bien sous le rapport de la qualité du métal que du nombre des charges, à l'abri des incertitudes qui résultent de l'inégalité d'allure du haut fourneau; la seconde fusion a donc des partisans déterminés, et les raisons qu'ils font valoir ne sont point à dédaigner.

Cette seconde fusion entraîne pourtant forcément une dépense supplémentaire; aussi une autre grande aciérie que nous connaissons tous, celle de Hœrde, a-t-elle cherché à remédier aux variations de qualité des fontes venant directement de ses hauts fourneaux, en interposant entre ceux-ci et les convertisseurs un vaste réservoir pouvant renfermer près de 100 tonnes de fonte liquide, et dans lequel les coulées des différents hauts fourneaux viennent se mélanger pour fournir à l'atelier Bessemer une matière première sinon absolument homogène, du moins présentant une régularité beaucoup plus grande que précédemment. Il convient d'indiquer, du reste, que cette invention est aussi d'origine américaine, car le numéro de janvier 1890 du *Stahl und Eisen*, dans lequel on trouvera un croquis de cette disposition, indique qu'elle était déjà employée à cette époque dans les usines d'Edgar Thomson, dont il a été si souvent parlé dans les deux dernières années. Mais dans ce cas comme dans plusieurs autres que nous pourrions citer, si les Allemands n'ont pas eu l'idée première, ils ont su la rendre pratique et en tirer le maximum d'utilisation. C'est ainsi qu'à Hœrde on a reconnu que ce contact à l'état liquide de fontes contenant toutes du manganèse, mais dans des proportions forcément inégales, produisait lors du mélange une sorte de désulfuration de l'ensemble du bain, désulfuration réalisée sans frais et essentiellement favorable, comme chacun sait, à la qualité de l'acier obtenu. Cette désulfuration ne s'obtiendrait, il est vrai, qu'avec une diminution de la teneur en manganèse, inférieure toutefois au poids du soufre enlevé, et pouvant

par suite être négligée par rapport à l'avantage qu'on trouve à écarter ainsi ce métalloïde, le plus grand et peut-être, pourrait-on dire, le seul ennemi des fontes destinées à la fabrication de l'acier basique.

Nous revenons, après cette courte digression, à la question que nous nous posions tout à l'heure. Quelle est la composition qu'on cherche aujourd'hui à donner en Allemagne à la fonte Thomas? La réponse peut se faire en deux mots. Maximum de phosphore; minimum de soufre et de silicium; teneur en manganèse dépendant dans une certaine mesure de la quantité de minerais manganésifères qui doivent être introduits dans le lit de fusion pour éliminer le soufre aussi complètement que possible; enfin teneur en carbone, telle qu'elle se présente dans une fonte blanche chaude fabriquée dans les conditions indiquées ci-dessus.

Ces indications très générales ont besoin d'être précisées par quelques chiffres. D'après leurs teneurs respectives en fer et en acide phosphorique, il est aisé de reconnaître que les minerais oolithiques de la Lorraine et du Luxembourg fondus seuls arrivent difficilement à donner des fontes tenant plus de 1,80 à 2 p. 100 de phosphore. Ce n'est point assez pour l'affinage dans la cornue tel qu'on le pratique aujourd'hui. On cherche à arriver à des teneurs de 2,50 et même 2,75 p. 100 de phosphore, en ajoutant au lit de fusion des scories de puddlage qu'on trouve encore assez facilement en ce moment, mais qui deviendront presque introuvables quand le métal Thomas aura achevé de se substituer au fer puddlé, dont la décadence s'accentue tous les ans. Peut-être alors sera-t-on obligé de se contenter de fontes moins phosphoreuses; mais actuellement les fontes à haute teneur de phosphore sont incontestablement les plus recherchées.

Comme on devait s'y attendre, c'est absolument l'in-

verse qui se produit pour le silicium. Toutes les aciéries exigent moins de 0,50 de ce corps, et nous en connaissons une où l'on prétend arriver à des teneurs variant de 0,30 à 0,15, mais nous éprouvons quelque doute à admettre ce dernier résultat. Les ateliers marchant en seconde fusion acceptent des teneurs en silicium un peu plus élevées et qui peuvent aller jusqu'à 0,80 p. 100.

C'est surtout, avons-nous dit, vers l'élimination du soufre que se porte le principal effort des fabricants de fonte Thomas. On exige ordinairement que la teneur soit inférieure à 0,05 p. 100, et comme les cokes de la Ruhr sont plus sulfureux que nos cokes du nord de la France, qui peuvent aujourd'hui être employés, au moins en partie, dans les hauts fourneaux de Meurthe-et-Moselle, la tâche des Allemands est, à cet égard, un peu plus ardue que la nôtre. On sait que le manganèse est ici le remède, mais les minerais de manganèse se font de plus en plus rares et coûteux. Ceux que l'Allemagne possède dans les vallées de la Sieg et de la Lahn ont l'inconvénient d'être souvent siliceux, et l'on a vu que le silicium n'est pas beaucoup plus aimé que le soufre. Il faut donc recourir à des minerais étrangers, grâce auxquels on arrive au résultat voulu, en introduisant dans la fonte de 1,50 à 1,75 p. 100 de manganèse métallique, teneur qui correspond en même temps à une bonne allure de l'affinage dans la cornue.

De tous les corps autres que le fer contenus dans la fonte Thomas, le carbone est celui dont on s'occupe le moins aujourd'hui. La teneur en carbone est en quelque sorte imposée par celle des autres éléments, et on se préoccupe bien moins de savoir combien d'unités de carbone la fonte renferme, que de s'assurer de l'élimination du soufre aussi complète que possible en réduisant au minimum la perte de manganèse par le laitier.

NOTE

SUR

LES ÉLÉMENTS ET L'ENTRETIEN DES VOIES FERRÉES EN ANGLETERRE

Par M. A. LEPROUX, Ingénieur des mines.

Au cours d'un voyage entrepris en Angleterre au début de l'année 1892, notre attention a été attirée sur les voies des chemins de fer (*).

L'immense développement qu'a atteint en Angleterre l'industrie des transports par voie ferrée, la longueur des voies exploitées, leur fréquentation, et aussi l'emploi exclusif sur ces voies d'un type de rail très délaissé aujourd'hui sur le continent européen, rendent spécialement intéressantes les quelques observations que nous avons pu recueillir, et que nous allons essayer de résumer (**).

(*) Je dois remercier ici M. l'ingénieur des mines Sauvage, qui m'a conseillé cette étude et me l'a beaucoup facilitée, M. Müntz, ingénieur en chef des ponts et chaussées, qui a bien voulu me signaler les points qu'il y avait lieu d'examiner, enfin et tout particulièrement M. Freund, ingénieur de l'entretien des chemins de fer de l'Est, qui, ayant fait un voyage en Angleterre il y a deux ans, a bien voulu me communiquer et m'autoriser à utiliser les observations qu'il y avait faites et que sa longue expérience de l'entretien des voies ferrées rend des plus précieuses.

(**) Les réseaux anglais sur lesquels il nous a été possible

Notre étude comprendra deux parties :

1° Eléments des voies;

2° Entretien des voies.

ÉLÉMENTS DES VOIES.

On sait que le rail Vignole est à peu près complètement banni des réseaux anglais. Le rail à double champignon est le seul employé. Sans vouloir renouveler ici la discussion relative au choix de ce type, il est permis de remarquer que l'emploi à peu près exclusif de traverses en bois tendre (pin de la Baltique) fournit un argument sérieux en faveur de son emploi ; la surface d'appui du coussinet étant beaucoup plus large que la surface du patin du rail Vignole, l'écrasement des traverses est ainsi beaucoup moins à craindre.

Il va sans dire que la possibilité de retourner les rails, citée autrefois comme un argument en faveur du rail à double champignon, ne peut pas être invoquée là plus qu'ailleurs, surtout depuis la substitution de l'acier au fer, qui a rendu si faible l'usure de la surface de roulement.

Les rails les plus récemment adoptés sur les réseaux anglais pèsent de 40 à 45 kilogrammes le mètre courant. Leur longueur est généralement de 30 pieds (ou $9^m,150$) et ne dépasse pas cette dimension. Ils sont en acier Bessemer. Le champignon supérieur présente une hauteur très considérable (d'où le nom de *bull-head*, tête de taureau, qui leur est donné) ; cette forme est très discutable,

d'avoir des renseignements précis sont le London and North Western Railway, le Great Western Railway, le Great Northern Railway, le Lancashire and Yorkshire Railway et le Midland Railway. Nous emploierons, pour les désigner, les abréviations suivantes : (L. and N. W. Ry, G. W. Ry, G. N. Ry, L. and Y. Ry, et M. Ry).

au point de vue de l'utilisation du métal ; l'usure du champignon est en effet si faible qu'il eût peut-être mieux valu répartir le métal dans la section, de manière que l'âme fût plus forte et plus haute, et le champignon moins élevé. Voici le poids par mètre courant de quelques types de rails :

L. and N. W. Ry	44^{kg},600
G. N. Ry.	40 ,600
G. W. Ry (*).	42 ,620
L. and Y. Ry	42 ,620
M. Ry	42 ,160

Nous ne parlons ici que du type le plus récent, dont la substitution aux anciens types, pesant de 30 à 40 kilogrammes, est encore en cours d'exécution.

Ces rails reposent sur des coussinets en fonte dont le poids a été beaucoup augmenté dans les nouveaux types de voie, principalement par suite de l'accroissement donné à la surface d'appui sur la traverse.

Sur la plupart des réseaux, les coussinets sont fixés à la traverse au moyen de quatre attaches : deux chevilles en fer (que l'on tend aujourd'hui à remplacer par des tirefonds), et deux chevilles en chêne, comprimées de 3/16 de pouce (4^{mm},8) au moyen d'une presse hydraulique, et du prix d'environ 80 francs le mille.

Sur un seul réseau, le L. and N. W. Ry., on emploie, dans le nouveau type de voie au moins, une semelle en feutre goudronné, placée entre le coussinet et la traverse, et destinée à protéger les surfaces contre la boue et la poussière, en même temps qu'à égaliser les pressions.

(*) Il ne s'agit ici que de la nouvelle voie du G. W. Ry. Ce réseau possédait en effet jusqu'ici presque partout le rail en Ω, dit rail Brunel, monté sur longuerines, et dont la disparition va être bientôt un fait accompli, comme l'abandon de la voie large du même nom.

Le coin, qui est en chêne comprimé, est presque toujours placé à l'extérieur. La raison qui conduit à conserver cette position moins favorable à l'entretien est, paraît-il, la crainte des ruptures de la mâchoire extérieure du coussinet, par suite des chocs des boudins des roues contre le rail ; c'est cette raison qui a fait reporter le coin de l'intérieur à l'extérieur dans le nouveau type de voie du Midland Ry. Il est à noter en passant qu'on ne peut donner en faveur du coin extérieur l'argument d'un meilleur maintien par le ballast, puisque la voie est complètement dégagée.

Le joint des rails est à peu près toujours en porte-à-faux. Sur le G. N. Ry (Pl. I, *fig.* 3), on avait adopté un coussinet-éclisse, supportant le joint, très compliqué, et que l'on va d'ailleurs abandonner pour adopter le joint en porte-à-faux. Les inconvénients du joint dit soutenu sont visibles. Par suite de l'usure de l'éclisse et de ses boulons, le joint devient rapidement un joint de très faible résistance à la flexion. La pression sur la traverse porte-joint est donc, au passage d'une roue, plus considérable qu'elle ne l'est sur les autres au passage de la même roue. Le ballast se tasse donc plus rapidement, et par suite il se forme au-dessous de cette traverse un vide qui transforme dans une mesure plus ou moins grande, suivant le tassement, le joint supporté en un joint en porte-à-faux. A partir de ce moment il se passe un phénomène remarquable : pour peu que le ballast soit mouillé, à chaque passage de roue, la traverse en s'abaissant, puis se relevant par suite de l'élasticité du rail, produit comme un coup de piston ; elle pompe, pour ainsi dire, l'eau qui se trouve dans le ballast, en attirant avec elle, par une succion semblable à celle qui s'opère dans les cribles filtrants, les particules les plus fines, de sorte que bientôt elle est entourée de boue liquide, si le temps est humide, et de poussière, si le

temps est sec : conditions évidemment très défavorables à la conservation des pièces déjà compliquées qui constituent le joint.

Il faut ajouter que le coussinet-éclisse ne réussit pas à empêcher la progression du rail dans le sens de la voie. On sait quelle faible résistance le ballast oppose au ripement d'une voie non chargée. Un fait nous a permis de constater qu'une traverse peut très bien se déplacer dans le ballast, dans le sens de la voie. Nous avons vu, non loin de la gare de King's Cross, en un point où, il est vrai, le ballast est mauvais et la circulation très active, dans une courbe de grand rayon, que le rail extérieur avait progressé de $0^m,30$ environ sur le rail intérieur, malgré la traverse porte-joint, qui se trouvait par conséquent oblique à la voie, au grand détriment des joints.

Malgré tous ces inconvénients, le joint supporté, abandonné sur le G. N. Ry., vient d'être adopté pour la voie que le G. W. Ry. substitue à la voie Brunel.

La grande majorité des autres réseaux emploient le joint en porte-à-faux, en rapprochant un peu l'une de l'autre les deux traverses extrêmes. L'éclisse employée est généralement simple. Sur le Midland (Pl. II, *fig.* 1), elle est embrassante; on met à l'essai en ce moment un nouveau type qui, dans la pensée des auteurs, permettrait un resserrage. Sur le L. and Y. Ry, les écrous sont fendus, de manière à former ressort et à empêcher par conséquent le jeu venant de l'usure des filets.

Les joints sont à peu près toujours concordants. Nous n'avons vu de joints croisés que sur le Métropolitain de Londres.

Les traverses sont partout en pin de la Baltique, bois très tendre. Elles sont parfaitement équarries, à des dimensions invariables de $2^m,740 \times 0^m,254 \times 0^m,127$. Elles sont injectées à raison de 112 litres de créosote par mètre cube.

Il y a eu quelques essais tentés pour l'emploi de traverses métalliques ; nous en avons vu quelques-unes à Crewe, où, paraît-il, elles présentaient le grave inconvénient de se rompre par le milieu, et sur des voies situées non loin de Liverpool. Sur le L. and Y. Ry., il nous a été affirmé qu'on les emploierait, si l'on ne craignait pour elles l'action chimique des mâchefers acides qui constituent le ballast, et que fournissent à très bon compte les innombrables usines à vapeur de la région de Manchester.

Au cours de notre voyage, nous avons visité, dans le comté de Monmouth, des forges où se fabriquent une grande quantité de semblables traverses destinées aux chemins de fer de l'Inde. Quoique un dispositif spécial de mâchoires rivées permette l'emploi du rail à double champignon, le rail Vignole est le plus usité avec ces traverses. Il est alors fixé dans une sorte de pince, au moyen d'un coin en acier. Les traverses, en acier moyennement doux, sont fabriquées à la presse en partant de tôles préparées pour cet usage. Le prix est de 125 francs la tonne environ, ce qui met le prix d'une traverse pour voie normale à grande circulation, pesant 65 kilogrammes, à 8 francs.

Toutes ces traverses sont coaltarisées. Il ne semble pas que leur usage soit près de se généraliser en Angleterre.

Voici quelques éléments autres que les rails pour divers réseaux (voir Pl. I et II) :

		L. AND N. W.	G. N.	L. AND Y.	M.
Poids des coussinets		$20^{kg},943$	$18^{kg},120$	$25^{kg},368$	$22^{kg},700$
Éclisses.	Longueur	$0^{m},51$	»	$0^{m},457$	$0^{m},457$
	Poids (la paire)	»	»	$12^{kg},684$	$18^{kg},160$
Nombre de traverses par kilomètre		1.094	1.206	1.203	1.203

Le ballast présente en Angleterre un intérêt tout par-

ticulier, non pas tant à cause de sa nature qu'à cause de son profil. Les matériaux employés sont soit du porphyre très dur, cassé à l'anneau de 3 à 4 centimètres, soit des scories de forge, mâchefers, etc., dont la nature se prête à ce genre d'emploi. Le gravier ordinaire est aussi employé sur divers réseaux. Voici, par exemple, comment est constituée la voie du L. and Y. Ry :

1° Un lit de grosses pierres (ou hérisson). Epaisseur 225 millimètres.

2° Un lit de mâchefers, scories, etc., bien tassé. Epaisseur 75 millimètres.

3° Sur ce lit, les traverses, dont on remplit à moitié les intervalles avec des mâchefers, sans accoter les têtes et sans que le ballast s'élève même jusqu'au champignon inférieur du rail.

Certaines compagnies trouvent même encore ce profil trop chargé. C'est ainsi que, pour la voie nouvelle du Great Western Ry, on ménage entre les deux rails une sorte de rigole qui laisse un vide sous les traverses. Les têtes sont alors accotées.

Cet usage, adopté sur la plupart des réseaux, d'un profil de ballast très bas, est une des choses qui frappent le plus dans la voie anglaise. La voie semble pour ainsi dire posée sur le sol; toutes les attaches sont découvertes et parfaitement visibles. Nous reviendrons dans la deuxième partie sur ce point, si intéressant en ce qui touche l'entretien.

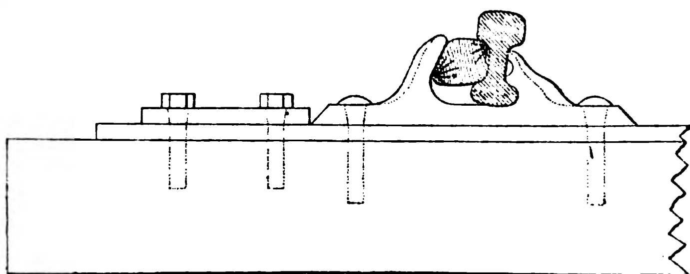
Nous dirons maintenant quelques mots des points singuliers des voies.

Les croisements sont en général très ouverts, de façon à diminuer la longueur des parties déviées.

Sur un grand nombre de points, les rails contre-aiguilles dépassent de 1^{m},50 à 2 mètres la pointe et le talon des aiguilles; on éloigne ainsi avec raison des joints des aiguilles les causes de perturbation et de chocs.

Les traverses de changement de voie sont plus fortes que celles de la voie courante. Elles ont $0^m,35$ de largeur et $0^m,16$ d'épaisseur.

Un point intéressant est le resserrement des rails aux changements de voie, destiné à mieux assurer la direction des essieux en ces points. Le gabarit anglais ($1^m,435$) laisse un jeu de 15 millimètres entre les rails et les boudins. Ce jeu est réduit à $9^{mm},6$ au passage des aiguilles, sur le G. N. Ry. — Comme il pourrait résulter d'un semblable rétrécissement des efforts capables d'arracher les coussinets, ceux-ci sont maintenus en ces points au moyen d'un fer plat appliqué sur la traverse, et sur lequel sont fixées deux plaquettes formant agrafe, comme le montre la figure ci-dessous.



La même pratique avait été adoptée au L. and Y. Ry. Elle vient d'être abandonnée comme trop compliquée.

Les cœurs de croisement sont souvent garnis d'une pièce de bois qui remplit complètement l'angle aigu qu'ils forment, afin de supprimer tout danger de chute et de blessures pour les hommes qui circulent sur les voies. Cette mesure de sécurité est à noter.

En terminant, nous donnerons les chiffres relatifs à l'établissement de 1 kilomètre de ligne à une voie, sur le Midland Ry :

(La voie est à peu près la voie actuelle).

2.000 mètr. de rail à 42 kilogr., 84 tonnes à 111^{f},95. .	9.403^{f},80
2.406 coussinets de 22^{kg},650, 54^{tonn},5 à 73^{f},80	4.022 ,10
219 paires d'éclisses en acier, pesant 18^{kg},120 la paire, 3.963 kilogr. à 137^{f},50	550 ,00
Boulons et écrous, soit 597 kilogr. à 387 francs la tonne.	231 ,40
4.812 chevilles en fer de 0^{kg},368, soit 3.272 kilogr. à 146^{f},40.	489 ,10
4.812 cheviles en chêne à 62^{f},50 le mille.	300 ,75
2.406 coins à 100 francs le mille.	240 ,60
1.203 traverses créosotées à 4^{f},35 l'une	5.233 ,05
Main-d'œuvre, pose de 1.000 mètres a 2^{f},05 le mètre.	2.051 ,00
Total.	22.521^{f},80

Somme à laquelle il faut ajouter 6.250 francs de ballast, si la ligne est à une voie, ou 10.937 francs si la ligne est à deux voies (soit environ 5.500 francs par voie dans ce second cas).

Le prix de revient de la superstructure d'une ligne à une voie est donc de 28.771^{f},80, et celui d'une ligne à deux voies de 55.980^{f},60.

ENTRETIEN DES VOIES

Nous entendrons, par ce mot : entretien, l'ensemble des procédés par lesquels on maintient en bon état une voie ferrée, sans parler du renouvellement complet d'une portion de voie, opération qui se fait périodiquement pour quelques kilomètres, à un intervalle de plusieurs années, et que le bon entretien des voies a justement pour but d'espacer le plus possible.

L'entretien ainsi défini comprend le maintien du ballast en bon état de bourrage, la surveillance et le resserrage des attaches, le remplaçement des pièces qui peuvent se trouver, isolément, hors de service ; enfin, la conservation du tracé, du gabarit et du dévers primitifs ; le tout

dans le double but de supprimer tous les inconvénients actuels des détériorations, et d'empêcher ces détériorations, légères au début, de dégénérer rapidement en graves et profondes altérations d'où résulterait la destruction rapide des éléments des voies, et la perte de toute sécurité.

Pour réaliser ce programme, on peut simplement opérer par visites de la voie, visites au cours desquelles on s'efforcera de découvrir les déformations et les imperfections des voies; dès qu'un fait de ce genre sera signalé en un point, on y enverra une équipe d'ouvriers pour apporter le remède voulu. Un œil exercé découvrira facilement les imperfections même légères, dès qu'elles seront susceptibles de se manifester sur la partie visible des voies (dénivellement d'un rail, angles, etc.) ; et, comme ces imperfections se présentent souvent, on organisera le travail en formant des équipes d'ouvriers chargés exclusivement de l'entretien; on leur assignera une portion de ligne de 3, 4, 5 kilomètres, et ils se déplaceront d'un point à l'autre pour faire les réparations que leur signalera l'agent chargé de la surveillance. Cette méthode est désignée sous le nom d'*entretien en recherche ;* c'est celle qui se présente tout d'abord à l'esprit, et c'est celle qui est employée sur la majorité des réseaux français et étrangers.

L'entretien en recherche a de nombreux inconvénients. Il n'a rien de méthodique; les ouvriers passent sans cesse d'un point à un autre pour des réparations qui, le plus souvent, sont urgentes, et à ces déplacements correspond une notable perte de temps. De plus, c'est un assez mauvais système que celui qui consiste à attendre qu'un défaut soit devenu visible pour le réparer; il vaudrait mieux le prévenir; lorsqu'une déformation de voie devient visible, c'est bien souvent une preuve que certaines parties, ballast, traverse ou attaches, sont déjà notable-

ment endommagées; et si on avait pu, au début de la détérioration, avant qu'elle ne fût visible, lui apporter un remède simple, on aurait souvent augmenté beaucoup la durée des pièces.

Ces considérations jointes à bien d'autres ont fait adopter par certaines compagnies la méthode dite de l'*entretien par revisions générales*, qui consiste à classer les lignes en un certain nombre de districts qui doivent être visités à des intervalles variant d'après la fréquentation (une, deux, trois, ou six fois, en six ans, sur le réseau de l'Est français). Cette visite consiste alors, non plus en une simple inspection superficielle, mais en une revision complète. Le ballast est enlevé; les attaches sont examinées, réparées, nettoyées soigneusement et resserrées; le bourrage est ensuite refait; toutes ces opérations commençant à une extrémité du district et finissant à l'autre, et étant faites rigoureusement pour tous les points de la voie. Ce procédé qui, à première vue, paraît coûteux, surtout sur nos réseaux où le ballast est si abondant, est moins dispendieux que l'autre, parce que le travail des ouvriers est mieux employé; c'est ainsi que, dans la première division de la compagnie de l'Est, le nombre de journées consacrées à la visite et à l'entretien des voies a diminué de 50 p. 100 à 60 p. 100 depuis 1874 pour les lignes à 2 voies, et de 25 p. 100 à 50 p. 100 sur les lignes à 1 voie. Il faut ajouter que, par le fait même, la durée des pièces se trouve sensiblement augmentée.

Cette digression était nécessaire pour l'intelligence de ce qui va suivre. L'entretien des voies en Angleterre procède des deux méthodes dont nous venons de parler. En principe, en effet, c'est l'entretien en recherche. Mais en raison du profil du ballast, profil qui, sur la plupart des réseaux du moins, laisse complètement découvertes toutes les attaches, l'inspection de toutes les pièces qui constituent ces dernières est des plus faciles, et ne néces-

site nullement tout le travail de terrassement qui est rendu obligatoire sur les lignes à profil plus chargé. Il s'ensuit qu'une visite superficielle suffit, non seulement pour mieux reconnaître les déformations de voie, mais encore et surtout pour les prévenir en resserrant continuellement les attaches.

Au point de vue de l'organisation de l'entretien, voici comment elle est constituée sur quatre des grands réseaux anglais :

Great Northern Ry. — Le réseau est divisé en six districts de 300 à 350 kilomètres chacun, avec un chef de district. Sous ses ordres se trouvent des inspecteurs chargés chacun de l'entretien d'une section d'environ 45 kilomètres. Enfin sous chaque inspecteur se trouvent les chefs d'équipe, dirigeant le travail de leurs équipes respectives en faisant des tournées de visite à raison de deux par jour sur leur section, qui comprend au plus 4 kilomètres. Les équipes comprennent trois à quatre hommes, plus un chef. Les ouvriers travaillent 50 heures et demie par semaine en hiver, et 56 heures et demie en été ; les salaires variant de 26f,85 à 21f,10 par semaine. L'inspecteur est responsable. Chaque chef d'équipe doit lui envoyer *tous les mois* un rapport.

Great Western Ry. — Les équipes sont uniformément de six hommes avec un chef responsable. Les sections varient de 4 à 6 kilomètres. Les salaires sont de 22f,50 à 33f,75 par semaine, pour une durée de travail de 53 heures en hiver et 56 heures en été.

Lancashire and Yorkshire Ry. — Le réseau, composé seulement de 800 kilomètres, comprend 13 districts de 60 kilomètres environ, sous la surveillance d'un inspecteur. Chaque district est divisé en sections de 3 à 4 kilomètres; l'entretien de chacune est assuré par une équipe de trois à six hommes, dont un chef responsable, travaillant 55 heures et demie par semaine et payés 23f,75.

Midland Ry. — La longueur des inspections est encore de 40 à 60 kilomètres. Sous les ordres de chaque inspecteur se trouvent deux ou trois sous-inspecteurs, ayant à surveiller 20 à 25 kilomètres de voie. Enfin les équipes, composées de cinq à six hommes, opèrent sur 4 à 5 kilomètres.

La conclusion à tirer de ces quelques remarques, c'est que le service de l'entretien comporte une main-d'œuvre plutôt moins onéreuse que sur les réseaux français. Tandis que, pour ces derniers, il faut compter de 10 à 16 journées pour 1.000 trains (*), les voies anglaises emploient environ 10 journées. Il faut attribuer très probablement la plus grande part de cette différence à la différence de profil du ballast et au gain de temps qui en résulte. Sauf ce détail, l'organisation du travail est la même qu'en France. On fait varier d'après la fréquentation la longueur des sections, ou, ce qui semble plus logique, le nombre des ouvriers constituant l'équipe.

Nous allons maintenant examiner quelles sont les principales imperfections auxquelles le service de l'entretien doit parer en Angleterre, et quels sont les remèdes qu'il leur apporte.

Lorsqu'il s'agit en particulier d'une voie à double champignon, il peut se produire les altérations suivantes :

Usure de la surface de roulement;

Usure du rail dans le coussinet, entraînant la modification du gabarit;

Usure des coins et des mâchoires du coussinet;

Usure des éclisses et des portées d'éclissage;

Ébranlement des coussinets sur la traverse; usure de la surface de sabotage;

(*) L'emploi de la méthode d'entretien par revisions générales a permis à la compagnie de l'Est d'abaisser le chiffre de la main-d'œuvre à 10 journées pour 1.000 trains sur les lignes de grande fréquentation.

Déplacement latéral de la voie ;
Tassement et destruction du ballast.

Usure de la surface de roulement. — L'usure de la surface de roulement avait autrefois une importance assez appréciable, lorsqu'on employait les rails en fer. La substitution de l'acier au fer a diminué considérablement l'usure, qui aujourd'hui peut être évaluée à 1 millimètre pour 100.000 trains (en pleine voie).

Il s'ensuit que la limite d'usure du champignon ne devra probablement jamais être atteinte, la détérioration des autres parties du rail et du reste de la voie devenant intolérable, comme nous le verrons, après un nombre de passages qui peut très rarement dépasser 500.000. La difficulté à laquelle on se heurte ne consiste donc plus à faire durer le rail ; le retournement possible du rail à double champignon, présenté souvent comme un avantage sur le rail Vignole, n'a plus désormais de raison d'être, et le problème qui se pose est bien plutôt de faire durer la voie un temps suffisant pour que le rail ait toute son utilisation. Autrement dit, le rail en acier est trop durable pour les organes d'assemblage employés.

Le retournement étant, comme nous l'avons dit, abandonné depuis longtemps, l'usure de la surface de roulement ne doit donner et ne donne effectivement lieu à aucune opération d'entretien.

Usure du rail dans le coussinet ; du coin et des mâchoires du coussinet. — L'usure du rail dans le coussinet est beaucoup plus nuisible et préjudiciable que l'usure de la surface de roulement. Il se produit toujours, sous l'action du passage des trains, et au bout d'un temps très limité, un jeu notable entre les coussinets et les rails, malgré tout le soin avec lequel peuvent avoir été serrés

les coins. Grâce à ce jeu, chaque passage de roue donne bientôt lieu à des chocs et à des frottements énergiques; la poussière et la boue aidant, le rail et le coussinet s'usent l'un contre l'autre, principalement du côté opposé au coin; et le rail, se trouvant entaillé par le coussinet se déverse bientôt du côté opposé au coin, qui, pendant ce mouvement, prend du lâche, et exige un resserrage continuel.

De ce déversement résulte une modification correspondante du gabarit, en admettant (ce qui est le cas général), qu'un déversement du coussinet en sens inverse ne vienne pas compenser le premier. Même dans le cas le plus favorable, le gabarit changera donc, et nécessitera une correction quelconque au bout d'un temps très limité (200.000 à 300.000 passages dans les conditions normales, et moins lorsqu'il y aura abondance de boue ou de poussière).

Le déplacement du rail, son retournement bout pour bout par exemple, ou son changement de côté, auraient pu remédier à cet inconvénient. Mais ce sont là des opérations longues et coûteuses, équivalant presque à un renouvellement de la voie. Jusqu'ici, il est vrai, on a pu faire mieux encore : la substitution des rails d'acier aux rails en fer ayant été faite d'abord sur les lignes à grande circulation, et l'usure du champignon inférieur étant arrivée à sa limite avant que le remplacement ait été fait sur les voies secondaires, on a simplement transporté les rails des premières sur les secondes, en regarnissant les voies à grande fréquentation avec des rails neufs. Mais on est en droit de se demander ce qu'on fera lorsque tout le réseau sera garni en rails d'acier, ce qui ne tardera pas. Il faudra alors avoir recours à des expédients. Par exemple, sur le Great Northern Ry., on rachète depuis quelque temps les jeux devenus trop considérables, entre le rail et le coussinet, au moyen d'une petite pièce en

acier formant ressort. Ces pièces, fabriquées dans une usine des environs de Sheffield, coûtent 133 francs le mille.

Sur d'autres réseaux, entre autres le Lancashire and Yorkshire Ry., il semble qu'on ne se préoccupe pas beaucoup de la variation du gabarit produite par cette cause. Il paraîtrait qu'elle est insignifiante, le rail s'enfonçant uniformément dans le coussinet et le coussinet dans la traverse. Il est possible d'ailleurs que la façon dont l'usure se produit dépende à la fois du matériel roulant aussi bien que de la forme et des positions relatives du rail et du coussinet.

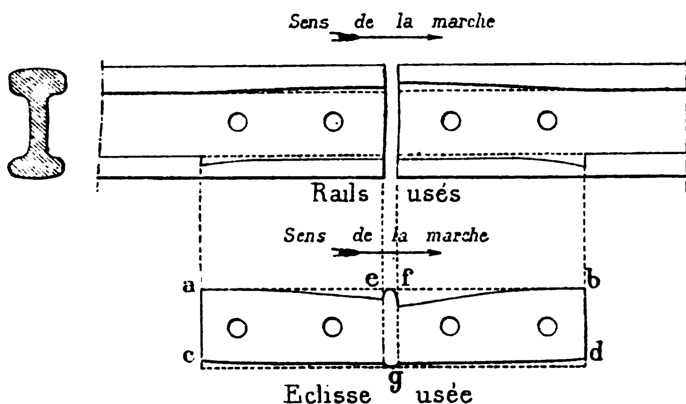
En général cependant il est facile de voir que ce joint travaille beaucoup et est très difficile à tenir. Le contact du coussinet et du rail est partout entouré d'une auréole de rouille qui indique un frottement continuel. Les coins sont très souvent cassés, desserrés, ou même tombés de la voie; des expédients divers sont employés pour les faire tenir : cales, gros clous, placés verticalement dans une rainure de la mâchoire du coussinet, etc.

Le coin est extérieur sur la plupart des réseaux; et sur le réseau du Midland où il était jusqu'ici placé à l'intérieur on a décidé de le placer désormais à l'extérieur. L'entretien est ainsi plus difficile, puisque pour examiner une voie il faut passer successivement des deux côtés, tandis qu'avec le coin intérieur il suffit d'un trajet entre les deux rails pour examiner à la fois les deux séries de coins. Cette position du coin a été adoptée pour éviter les ruptures de la mâchoire extérieure, assez fréquentes, paraît-il, avec le coin intérieur, et provenant du choc des boudins contre le rail.

Ces usures et ruptures font ressortir très nettement l'un des inconvénients du système de voie à coussinets : à savoir, l'emploi de deux pièces métalliques frottant directement l'une sur l'autre, dans les conditions très défa-

vorables où se trouve placé un semblable joint exposé à la poussière et à la boue.

Usure des portées d'éclissage. — La même observation s'applique à l'usure des portées d'éclissage. C'est une autre cause de réduction de la durée des voies, cause contre laquelle le remède est encore à trouver. Sous l'action du passage des roues, le joint s'infléchit; il se forme dans les deux extrémités de rail en présence des creux en forme de plans inclinés symétriques, répétés en sens inverse sur l'éclisse, comme le montre la figure ci-dessous,



et au bout de peu de temps le joint est très affaibli, sans que le resserrage puisse apporter remède à cet affaiblissement, et il se produit des battements de grande amplitude à chaque passage; la voie devient cahoteuse. L'éclisse, dont le but originaire était de rendre le joint aussi solide, aussi résistant à la flexion que n'importe quelle partie du rail, ne sert plus, au bout de peu de temps, qu'à assurer la continuité géométrique de la voie, en plan, sans transmettre les efforts verticaux d'un rail au suivant.

Nous avons déjà dit que le joint sur traverse, loin de

constituer une amélioration, se transforme au contraire, au bout de peu de temps, en joint en porte-à-faux plus mauvais encore que le joint ordinaire.

Les remèdes les plus efficaces ont consisté jusqu'ici à diminuer l'importance de l'usure en augmentant les surfaces, c'est-à-dire en employant des éclisses cornières ou embrassantes. Ce dernier type a été adopté sur le réseau du Midland, où probablement il n'a pas donné de résultats satisfaisants puisqu'on fait aujourd'hui l'essai d'une éclisse beaucoup plus simple, qui, dans la pensée des auteurs, permettrait un resserrage.

Au Lancashire and Yorkshire Ry., on a cru pouvoir diminuer le jeu des attaches en employant des écrous fendus formant ressort sur la partie filetée du boulon. L'éclisse est d'ailleurs plate, et de forme très simple (Pl. II, *fig.* 3). Des essais de retournement de l'éclisse bout pour bout ont amené à bref délai sa rupture, comme on pouvait s'y attendre (*).

Ébranlement du coussinet; usure des entailles. — Passons maintenant à un autre joint : celui du coussinet et de la traverse.

Au début, on n'avait pas à se préoccuper outre mesure de ce joint, car le séjour des traverses dans le ballast amenait à bref délai leur pourriture, et l'usure par les actions atmosphériques et organiques primait de loin l'usure mécanique.

Depuis que l'on injecte à peu près universellement les traverses au moyen de substances antiseptiques, la destruction organique est évitée; les traverses durent cinq, six, sept années, et ne nécessitent un renouvellement

(*) Il est intéressant de signaler à ce sujet que la voie Brunel, formée de rails en Ω sur longuerines et sans autre éclissage que la longuerine même, ne donne lieu à aucun choc au passage des joints.

qu'en raison de la destruction mécanique, de l'écrasement du bois par le passage des trains.

Mais il y a lieu de faire alors les mêmes observations que pour les rails d'acier : bien avant que la traverse soit mise hors de service par cette cause, les surfaces sur lesquelles sont placés les coussinets sont détériorées d'une manière intolérable.

Après le passage de quelques trains, les coussinets prennent du jeu, par suite de la compression permanente du bois. La poussière et la boue s'introduisent dans le joint ; et bientôt le glissement du coussinet à chaque passage, produit une usure qui le fait descendre sur la traverse.

L'existence de ce glissement, ou au moins d'une forte vibration, est décelée en certains endroits par ce fait que, aux points où la base du coussinet est entourée de boue, il y a entre cette couche de boue et la surface verticale qui limite la base du coussinet, un espace vide très net, de un ou plusieurs millimètres de large.

Ces déplacements correspondent à un jeu de plus en plus marqué des attaches. Les tirefonds et les chevilles en fer élargissent leur logement ; quant aux chevilles en bois, elles se cisaillent, ou sortent complètement de l'assemblage. On ne comprend d'ailleurs pas très bien quel est le rôle de ces dernières pièces ; et même il est probable que les ingénieurs sont assez embarrassés eux-mêmes pour l'expliquer ; sur certaines portions de voie on a complètement négligé de placer les chevilles en bois, bien que les coussinets portent les ouvertures nécessaires ; sur d'autres parties, les chevilles sont tombées ou brisées presque partout.

Lorsqu'on s'astreint à resserrer et à remplacer régulièrement les chevilles en bois, on en consomme un nombre très considérable, sur lequel il nous a été impossible d'avoir aucun renseignement précis. Le coussinet

ne se trouve d'ailleurs pas mieux fixé, si les chevilles en fer sont ébranlées, et le frottement ne cesse pas.

De là résulte la pénétration du coussinet dans la traverse, pénétration que tous les efforts des ingénieurs ont tendu à supprimer. Pour arriver à ce but, on a employé des coussinets à base très large. C'est la tendance actuellement suivie; le type de coussinet, à base très large, du Lancashire and Yorkshire Ry. en est une preuve. Il est clair que l'on diminue ainsi la pression par centimètre carré, en proportion sensiblement inverse de la surface, et que par conséquent l'usure peut se trouver, de ce fait, fortement diminuée. Elle le sera encore plus sur le London and North Western Ry., où l'on introduit une semelle de feutre goudronné entre le coussinet et la traverse. Ce système agit, non pas tant en égalisant les pressions, ce qui est discutable, qu'en réduisant les effets nuisibles de la poussière et de la boue, dont la pénétration dans le joint se trouve empêchée. Pour réduire l'amplitude du glissement, on adopte maintenant très généralement le tirefond de préférence à la cheville en fer.

Quoi qu'on puisse dire d'ailleurs de ces modifications, quelque parfaites qu'elles puissent être, le coussinet devient rapidement mal fixé sur la traverse, et par conséquent la traverse s'use.

Pour remédier à cette usure, il ne semble pas que les ingénieurs anglais soient habitués à pratiquer le resabotage; ils préfèrent placer des cales sous le coussinet lorsqu'il a tendance à se déverser. Quand la portée du coussinet devient trop mauvaise, par suite de l'élargissement des trous et de l'usure, on déplace quelquefois la traverse dans le sens de sa longueur et on refait de nouvelles surfaces d'appui (Lancashire and Yorkshire Ry).

Déplacement latéral de la voie; tassement du ballast. — Après avoir étudié le mouvement du rail par rapport

au coussinet et celui du coussinet par rapport à la traverse, voyons comment se comporte la traverse par rapport au ballast. C'est certainement l'un des points les plus intéressants de la voie anglaise.

Comme nous l'avons dit, le profil du ballast en Angleterre est très différent du profil usité en France. Le ballast n'arrive pas jusqu'à la face supérieure des traverses ; dans certains réseaux, on laisse entre les deux rails une rigole d'asséchement passant sous les traverses (Great Western Ry); enfin, dans la plupart, le ballast n'épaule pas les traverses aux têtes.

Nous sommes très porté à croire que c'est dans cette particularité de la voie anglaise qu'il faut chercher les raisons pour lesquelles, malgré le grand nombre de joints défectueux, l'entretien de la voie anglaise semble très bien fait, et le roulement par conséquent très doux, bien que la main-d'œuvre de l'entretien soit moindre qu'en France. L'inspection détaillée des attaches peut être faite en tout temps, et avec toute facilité, sans aucun mouvement de ballast. Le seul travail de terrassement auquel il faut se livrer est le bourrage du ballast, opération d'ailleurs relativement rare et en tous cas très facile.

On ne saurait trop insister sur les avantages de ce profil, qui fait participer, en Angleterre, la méthode en recherche, de la méthode des revisions générales, tandis que l'emploi de la méthode d'entretien en recherche avec un profil recouvrant toute la traverse oblige les visiteurs à s'en tenir à l'inspection de la surface supérieure du rail pour déceler les défectuosités d'une voie fatiguée.

Il semblerait que l'emploi d'une aussi faible quantité de ballast soit susceptible de diminuer la stabilité des voies, et, en particulier, leur résistance aux déplacements latéraux. Il n'en est rien, ou du moins, la résistance aux déplacements latéraux n'est pas beaucoup moindre que si

les traverses étaient épaulées et noyées dans le ballast. Dans les deux cas, il suffit d'un effort très faible pour déplacer la voie, comme l'ont montré des expériences faites aux chemins de fer de l'Est. Aussi est-ce une idée très admise aujourd'hui, que la résistance d'une voie au ripement est très faible lorsque la voie n'est pas chargée, et qu'il ne faut pas compter sur le ballast pour s'y opposer. Il n'en est pas de même lorsque la voie est chargée; le frottement des traverses sur le ballast opposant alors une résistance, incomparablement supérieure à la première, et capable de parer non seulement aux efforts continus, mais même aux chocs, bien plus dangereux, des boudins des roues d'un véhicule animé d'un mouvement de lacet. Le danger ne devient très sérieux que lorsque le lacet s'accentue, et coïncide en outre avec un mouvement de galop tel que la voie se trouve déchargée au moment du choc des boudins. Dans ce cas, la voie, quel que soit le profil du ballast, ne pourra plus résister, et prendra ces formes festonnées qui ont été souvent remarquées après le passage d'une machine susceptible de semblables mouvements.

Il est bon d'ajouter que le profil français a un avantage qu'on lui reconnaît : celui de maintenir le coin en place.

Soit par suite de la bonne conception du matériel anglais au point de vue de l'équilibre, soit pour toute autre cause, les déformations de voie sont, paraît-il, très rares en Angleterre. Elles sont en tous cas faciles à corriger. Quant au renouvellement et au bourrage du ballast, il nécessite une main-d'œuvre très peu coûteuse, en raison du faible cube des matériaux à manier (*).

(*) Les dépenses d'entretien se montent actuellement, pour le réseau du Midland, à 1.359 francs par an et par kilomètre de voie unique (main-d'œuvre et matériaux).

Il convient de remarquer que l'excellent état de bourrage du

C'est sur ces considérations que nous terminerons ces quelques aperçus sur la voie anglaise et son entretien, en ajoutant qu'à part ces remarques sur le profil du ballast, il ne nous a pas semblé que l'entretien de cette voie fût parfait, ni surtout qu'il fût facile. L'usure des rails dans les coussinets, et celle des coussinets sur les traverses, malgré tous les expédients auxquels on a eu recours jusqu'ici pour y remédier, semblent être de graves obstacles, qui limiteront beaucoup avant l'usure du champignon supérieur la durée des rails d'acier, et qui embarrassera beaucoup les ingénieurs lorsque la substitution du rail d'acier au rail en fer aura été effectuée sur toute l'étendue de leur réseau.

---

ballast, aussi bien que la douceur du roulement, en Angleterre, proviennent très probablement en grande partie de l'emploi des *traverses en bois tendre*. Le bois de pin est compressible et élastique; il emmagasine en quelque sorte la pression, et ne la répercute pas sur le lit de pose, souvent dur et peu élastique.

LA FORMULE D'EXPLOITATION DE M. CONSIDÈRE

QUELQUES RÉFLEXIONS, À CE SUJET, SUR L'UTILITÉ DES CHEMINS DE FER SECONDAIRES ET SUR LES TARIFS (*)

Par M. C. COLSON, Ingénieur des ponts et chaussées.
Maître des requêtes au Conseil d'État.

Objet du mémoire de M. Considère. — Dans un mémoire publié par les *Annales des ponts et chaussées* (N[os] de février et de mars 1892), M. l'ingénieur en chef Considère a indiqué une formule nouvelle, appelée par lui formule à six termes, qu'il propose d'appliquer au calcul des sommes allouées, en vue de couvrir leurs frais d'exploitation, aux concessionnaires des chemins de fer d'intérêt local pour l'établissement desquels le concours financier des départements et de l'État est nécessaire. Cette formule, très ingénieuse, nous paraît constituer, de beaucoup, la meilleure solution d'un problème qui se pose aujourd'hui partout, qui jusqu'ici n'a pas été

(*) Ces réflexions avaient été écrites pour paraître dans les *Annales des ponts et chaussées*, à la suite de l'étude de M. Considère. Le grand nombre des mémoires dont la Commission qui dirige ce recueil a récemment décidé la publication, ne lui aurait permis d'insérer notre travail, en cas d'admission, que dans plusieurs mois. C'est dans ces conditions que la Commission des *Annales des mines* a bien voulu nous accorder une hospitalité dont nous sommes heureux de la remercier.

résolu d'une manière satisfaisante, et qui peut se formuler ainsi : organiser l'exploitation, par l'industrie privée, d'un chemin de fer dont les recettes ne suffisent pas à couvrir les dépenses (frais d'exploitation et charges annuelles du capital d'établissement), de telle sorte que, d'une part, les intérêts de l'exploitant soient d'accord avec l'intérêt général en ce qui concerne le développement du trafic, et que, d'autre part, les plus-values de recettes, s'il s'en produit, viennent atténuer, dans une juste mesure, les sacrifices faits sur les deniers publics pour permettre l'établissement de la ligne.

Mais si nous sommes d'accord avec l'auteur de ce remarquable mémoire sur la conclusion relative à la formule à six termes, nous ne saurions nous associer à toutes les considérations développées par lui pour la justifier. Ces considérations, fort étendues, touchent à toutes les questions économiques qui peuvent se soulever en matière de travaux publics, et notamment aux deux plus importantes parmi ces questions : comment peut se mesurer l'utilité d'une voie nouvelle? quelle influence exercent, sur cette utilité, les tarifs appliqués aux transports empruntant cette voie? Cherchant une bonne formule d'exploitation, c'est-à dire une manière de calculer, en fonction de données statistiques faciles à obtenir, la somme à allouer à l'exploitant, pour lui assurer une juste rémunération sans mettre jamais son intérêt privé en conflit avec l'intérêt général, M. Considère devait naturellement se demander d'abord en quoi consistait cet intérêt général. C'est ainsi qu'il a été conduit à rechercher, dans la première partie de son mémoire, quels sont les éléments constitutifs de l'utilité d'un chemin de fer secondaire, quels sont les particuliers ou les collectivités qui tirent un profit direct de la création de ce chemin, et quelle est l'importance relative des profits des uns ou des autres. Comme les tarifs appliqués réagissent, à la

fois, et sur l'utilité totale de la ligne, et sur la répartition, entre les divers intéressés, des avantages qu'elle procure, il a dû étudier également le rôle et l'influence des tarifs; c'est par cette étude que commence la deuxième partie de son mémoire.

Or, sur l'un et sur l'autre point, M. Considère arrive à des conclusions qui ne nous paraissent pas sans danger pour les finances publiques. Appliqués jusqu'à leurs dernières conséquences, ses raisonnements conduiraient à pousser la construction des lignes nouvelles, et l'abaissement des tarifs sur celles qui existent, bien au delà de ce qui avait été admis et réclamé jusqu'ici. Certes, il y a encore en France bien des chemins de fer à construire, et bien des tarifs à abaisser; mais nous croyons qu'en acceptant les calculs de M. Considère, on se ferait, dans beaucoup de cas, de grandes illusions sur l'utilité d'un travail nouveau ou d'un abaissement de taxe. C'est pour ne pas laisser sans réponse des calculs si propres à excuser de grands entraînements, que nous demandons la permission de formuler les objections qu'ils nous suggèrent. Nous dirons ensuite par quelles raisons nous nous rallions, néanmoins, à la formule d'exploitation proposée par leur auteur.

Cette formule se prête, en effet, à des applications très variées, en sorte qu'il nous suffira, pour nous y rallier, d'accepter une part très minime des raisonnements qui ont conduit à sa découverte. Nous osons croire que la formule nouvelle ne pourra que gagner à être ainsi défendue à un point de vue très différent de celui de son auteur; car il faut bien qu'elle soit remarquablement avantageuse, pour séduire à la fois des esprits envisageant d'une manière fort dissemblable le rôle des chemins de fer secondaires (*).

(*) Nous sommes heureux d'ajouter que M. Bricka, dans le

M. Considère, dans son mémoire, a traduit en chiffres les divers avantages à attendre des lignes d'intérêt local. Il a soin de dire qu'il n'attache à ces chiffres, en eux-mêmes, qu'une importance secondaire, et qu'il les emploie seulement pour fixer les idées, et pour indiquer l'ordre de grandeur de chacun de ces avantages. C'est donc sous le bénéfice de cette restriction que nous citons tous ses chiffres. Nous regrettons seulement un peu que l'unité à laquelle il se réfère, en général, soit la recette brute ; car cette recette, pour un même trafic, varie énormément avec les tarifs, tandis que l'utilité totale d'une ligne dépend uniquement des transports effectués, et reste la même, pour un même trafic, quand les expéditeurs ont payé un prix double, que quand ils ont payé moitié, les tarifs ne réagissant sur l'utilité de la ligne qu'en tant qu'ils développent ou restreignent le trafic. M. Considère a eu soin d'expliquer que ses calculs, sur l'utilité d'une ligne évaluée en fonction de la recette, ne sont applicables qu'avec les tarifs actuels, et qu'avec d'autres tarifs les coefficients seraient différents. Mais, outre que les tarifs en vigueur varient beaucoup d'un réseau à l'autre, il peut y avoir là, pour les lecteurs inattentifs, une cause de généralisation trop rapide et d'erreurs, contre laquelle il est bon de se prémunir.

Nous nous sommes efforcé de reproduire, aussi exactement que nous en étions capable, la substance des raisonnements auxquels nous tâchons de répondre ; mais nous ne dissimulons pas qu'il est impossible, dans une analyse sommaire, de rendre toutes les nuances d'un travail aussi complet que celui de M. Considère. Nous prions donc instamment le lecteur de se reporter à ce travail, pour s'en faire une idée tout à fait juste.

---

cours de chemins de fer qu'il professe à l'École des Ponts et chaussées, a recommandé l'usage de la formule du Finistère, dont la formule à six termes est une forme simplifiée et améliorée.

Utilité des chemins de fer d'embranchement. — Tous les arguments que l'on fait valoir, pour ou contre l'exécution d'un travail public quelconque, peuvent, en dernière analyse, se rattacher à deux points de vue : celui de l'utilité publique, celui de la justice distributive.

Au point de vue de l'utilité publique, la création d'un chemin de fer a pour première conséquence d'entraîner un certain chiffre de dépenses annuelles : intérêt et amortissement du capital d'établissement, et frais d'exploitation. Elle procure, par contre, divers bénéfices : recettes encaissées par l'exploitant, économies réalisées par le public sur le prix qu'il paye pour chaque transport, développement de certaines richesses industrielles ou agricoles, etc. Si les bénéfices dépassent les charges, l'œuvre est *utile* à la société prise dans son ensemble. Dans le cas contraire, l'œuvre, envisagée au point de vue économique, est *nuisible*, car elle consomme plus de richesse qu'elle n'en produit.

Au point de vue de la justice distributive : si les recettes encaissées par l'exploitant ne couvrent pas intégralement les charges, une fraction de celles-ci est supportée par d'autres que par ceux qui profitent directement de l'entreprise. En pratique, pour les lignes d'intérêt local qui se construisent actuellement, les recettes brutes ne couvrent qu'une partie de la dépense; l'excédent des charges se partage entre les contribuables du département, d'une part, et entre les contribuables de toute la France, d'autre part, tandis que les avantages corrélatifs sont réalisés surtout par les habitants de la région que dessert la ligne, et plus spécialement, par ceux d'entre eux qui font le plus d'usage de cette ligne.

Si l'on admet les doctrines du socialisme d'État, si l'on envisage l'ensemble de la richesse du pays comme une sorte de patrimoine commun, que l'État a charge de

faire fructifier et de répartir de son mieux, en prenant l'argent là où il le trouve, pour l'employer partout où cet argent peut augmenter le bien-être général, tout chemin de fer *utile* doit être construit. Si, au contraire, l'on s'attache strictement à l'ancienne doctrine économique du *laisser faire et laisser passer* absolu, si l'on admet que l'État n'a pas compétence pour apprécier l'utilité respective des diverses entreprises, et qu'il n'a pas le droit de taxer certains citoyens pour en enrichir d'autres, les seuls chemins de fer qui puissent être construits sont ceux que des capitalistes envisageront comme susceptibles de donner des bénéfices directs, et qu'ils entreprendront, par suite, à leurs risques et périls.

L'opinion presque universelle, en France, est intermédiaire entre ces deux opinions extrêmes. Elle reconnaît qu'il y a, entre toutes les parties de la nation et du territoire, une certaine solidarité, en vertu de laquelle l'État est fondé à faire appel aux ressources des régions qui sont largement dotées d'avantages naturels ou de capitaux accumulés, en vue de développer les éléments de prospérité qui peuvent exister ailleurs ; que, par suite, un travail public n'a pas besoin d'être directement rémunérateur, pour que son exécution soit légitime. Mais d'autre part, le développement excessif des budgets est considéré comme un inconvénient très sérieux, qui ne peut être justifié que par des avantages incontestables. Peu de personnes admettraient qu'on fît supporter aux contribuables la presque totalité des charges d'intérêts et d'exploitation d'un chemin de fer qui ne donnerait qu'une recette insignifiante, et qui d'ailleurs ne procurerait aux populations desservies, tout compte fait des avantages directs et indirects, que des bénéfices légèrement supérieurs au montant des impôts nécessités par sa création. Pour faire payer par les uns les facilités de transport accordées aux autres, il faut être persuadé que ces facilités

entraîneront des avantages largement supérieurs aux dépenses corrélatives. Selon la nature de chaque esprit, on sera plus ou moins exigeant sur le *quantum* de l'excédent; mais sur le principe, l'accord est à peu près complet.

M. Considère n'hésite pas à se placer, en théorie, sur le terrain le plus défavorable au développement des petits chemins de fer, en admettant que, pour en justifier la création, il faut que les avantages matériels procurés à l'ensemble des contribuables soient équivalents aux charges qu'on leur impose. Mais ensuite, il attribue à ces petits chemins de fer une si puissante action sur le développement de la richesse publique, qu'à son avis, ceux même d'entre eux qui couvrent à peine leurs frais d'exploitation, contribuent aux plus-values du rendement des impôts dans une mesure suffisante pour compenser, et au delà, les charges assumées par les budgets locaux et par le budget de l'État. Les contribuables, bien loin de faire un sacrifice à la solidarité nationale, font donc une bonne affaire, en subventionnant ces chemins de fer; seulement, comme c'est surtout dans le budget de l'État que figurent les impôts indirects offrant une élasticité considérable, c'est l'État, et non les départements, qui devrait supporter la majeure partie des subventions allouées aux lignes secondaires.

A l'appui de cette thèse, M. Considère présente des calculs ingénieux et des développements variés et étendus; mais au fond, son argumentation peut se résumer ainsi :

a) Un chemin de fer d'intérêt local procure aux grandes lignes auxquelles il sert d'affluent une recette supérieure à celle qu'il réalise lui-même, et qui peut être évaluée, avec modération, à un chiffre égal à la recette de la ligne d'intérêt local multipliée par 1,4.

b) Les avantages directs dont le public bénéficie, par suite de la création des chemins de fer d'embranchement,

sont équivalents à une fraction qui peut atteindre la moitié de la recette brute créée tant sur l'embranchement que sur la ligne principale.

c) Les avantages indirects qui résultent de la création de l'embranchement, ajoutés à la recette réalisée tant sur l'embranchement que sur la grande ligne, peuvent être évalués ensemble à six fois à peu près la recette brute réalisée sur l'embranchement.

Ce sont ces trois propositions que nous allons examiner successivement.

a). *Trafic procuré aux lignes principales par les embranchements.* — Que ce trafic existe, qu'il présente une importance notable, cela n'est pas douteux ; mais qu'il atteigne, *en moyenne*, les chiffres indiqués par M. Considère, cela ne nous paraît rien moins que démontré.

M. Considère appuie son évaluation de deux démonstrations :

La première est expérimentale. Elle consiste à rechercher, en fait, pour des lignes d'embranchement données, le rapport existant entre leur recette propre, et la recette que leur ouverture a procurée à la ligne principale à laquelle elles servent d'affluents. Les exemples se prêtant à ce calcul sont rares, car il faut d'abord avoir affaire à des lignes en cul-de-sac, pour que le trafic de transit détourné d'autres voies ne vienne pas fausser les résultats. Il faut, en second lieu, que le trafic de la gare d'embranchement soit assez faible, pour que ses fluctuations propres, pendant les années sur lesquelles porte la comparaison, soient notablement inférieures aux effets produits par l'ouverture de l'embranchement. Enfin, il faut que ces fluctuations propres puissent être chiffrées, par comparaison avec ce qui s'est produit dans des gares analogues de la même région, pour qu'on réussisse à en éliminer l'influence.

Par une série de calculs aussi ingénieux que consciencieux, l'auteur du mémoire établit l'importance du trafic apporté aux lignes principales : 1° par divers embranchements d'intérêt général construits en Bretagne; 2° par diverses lignes d'intérêt local de la région du Nord. Nous ne nous attacherons pas à la seconde série d'exemples, que l'auteur lui-même ne considère pas comme extrêmement probants, parce qu'ils ne remplissent pas d'une manière très satisfaisante les conditions que nous venons d'indiquer. Quand à la première série, il saute aux yeux qu'elle s'applique à des cas présentant des caractères très particuliers. Les embranchements en question desservent des régions situées à une très grande distance des centres où elles expédient leurs produits et d'où elles tirent leurs approvisionnements; sur ces six embranchements, l'un relie à la grande ligne un lieu où, de tout temps, la culture maraîchère a présenté un caractère tout-à-fait exceptionnel (Roscoff), et quatre autres aboutissent dans des ports de pêche très importants, en sorte que cinq des six lignes de Bretagne desservent des courants de trafic préexistants, consistant en marchandises expédiées à très grande distance, et pour lesquelles la vitesse constitue un avantage capital; la sixième, moins spéciale, présente du moins ce caractère particulier, d'aboutir sur la grande ligne fort loin de tout centre administratif ou social pouvant servir de point d'attraction, et de n'avoir, par suite, que très peu de trafic purement local. Que, dans ces conditions, l'importance du rôle des embranchements comme affluents soit trop exceptionnelle pour conduire à aucune conclusion générale, cela nous paraît évident. Il faudrait des exemples plus nombreux, et surtout plus variés, pour que la preuve expérimentale conduisît à des conclusions ayant un certain caractère de généralité; et, malheureusement, cette preuve restera impossible à faire pour tous les embranchements abou-

tissant dans des gares importantes, puisque, pour ceux-là, le développement du trafic dû à la création d'un affluent se noie dans les variations plus considérables du trafic propre à la gare de bifurcation.

La seconde preuve est tirée des statistiques générales. Il résulte de celles-ci que le parcours moyen est, sur les chemins de fer d'intérêt général, supérieur à 127 kilomètres pour les marchandises, et à 35 kilomètres pour les voyageurs, tandis que, sur les chemins de fer d'intérêt local, les chiffres correspondants ne sont que de 20 et de 11 kilomètres. Admettant que les marchandises qui empruntent les lignes d'intérêt local effectuent le même parcours total que celles qui circulent uniquement sur les lignes d'intérêt général, et les voyageurs un parcours un peu moindre, 30 kilomètres seulement, M. Considère en déduit que le parcours moyen, sur la grande ligne, est de $127 - 20 = 107$ kilomètres pour les unes, de $30 - 11 = 19$ kilomètres pour les autres. D'où il résulte que le parcours effectué sur la ligne principale dépasse, de beaucoup, le parcours effectué sur l'embranchement, et que, par suite, la majeure partie de la recette brute et nette se fait en dehors de l'embranchement.

Tout le raisonnement repose sur cette hypothèse, que le trafic à destination ou en provenance des lignes d'intérêt local doit effectuer un parcours égal à la moyenne de parcours du trafic français. Mais nous ne voyons aucun motif pour qu'il en soit ainsi. Sans doute, il est fort difficile de faire, en ces matières, des hypothèses *a priori*. Mais s'il fallait absolument en faire une, nous inclinerions à croire que le trafic *créé* par l'embranchement ne doit effectuer, sur la ligne principale, qu'un parcours médiocre. En effet, les marchandises qui vont au loin sont surtout celles qui peuvent supporter des frais de transport élevés; pour celles-là, l'économie qui résulte de la substitution d'un embranchement de chemin de fer au

roulage, sur un parcours de quelques kilomètres, n'a pas une très grande importance, et ne semble par suite pas devoir ajouter beaucoup au trafic préexistant. Le trafic nouveau à la création duquel le chemin de fer est indispensable, est celui qui ne pouvait pas supporter les frais de camionnage, c'est-à-dire celui des produits de médiocre valeur, qui ne vont guère aux grandes distances. Il faut, sans doute, faire exception pour le cas où la vitesse présente un intérêt de premier ordre, qui est précisément celui des embranchements de Bretagne, ou bien pour le cas des marchandises pondéreuses, comme les houilles et certains matériaux de construction, qui, malgré leur peu de valeur, se répandent à de très grandes distances, parce que la production en est localisée et la consommation générale. Mais en dehors de ces exceptions, c'est surtout le trafic local qui paraît devoir se développer grâce aux petites lignes. De même, pour les voyageurs, quelques kilomètres de plus ou de moins à faire en voiture n'exercent pas une influence capitale sur le coût, sur la durée, et par suite sur le nombre des voyages à grande distance; ce sont les relations avec la ville voisine que l'embranchement transforme, et que, par suite, il développe dans une très large mesure.

Il ne faut évidemment pas exagérer la valeur de ces raisonnements, et nous admettrons très volontiers que, aussi bien pour le trafic à grande distance que pour le trafic local, les transports qui ne pouvaient pas supporter les prix antérieurs à la création du chemin de fer d'embranchement ne seront pas les seuls que ce chemin de fer fera naître. Il y a certainement des transports dont la valeur est très supérieure au prix payé sur l'ancienne route, qui eussent par conséquent fort bien pu payer ce prix, et qui cependant ne se seraient jamais opérés sans la construction du chemin de fer. C'est, en effet, s'exposer à de grandes erreurs, en économie politique, que d'admettre, comme

l'ont trop souvent fait certains maîtres de la science, qu'il suffise qu'une opération soit praticable et lucrative pour qu'elle s'effectue. La routine est, dans bien des cas, le plus grand obstacle au progrès, et de même que, pour vendre un produit, si avantageux qu'il soit, il faut savoir solliciter l'acheteur de vingt manières, de même, pour développer les échanges les plus lucratifs entre divers pays, il faut que les moyens de transport attirent et appellent la clientèle, par une sorte de publicité. Or, la présence seule d'une gare dans un pays constitue, à cet égard, la publicité la plus efficace. Tel particulier, qui ne songeait pas à aller chercher hors de son village des débouchés qu'il eût d'ailleurs pu trouver depuis longtemps, commencera à y songer, le jour où il verra, à côté de lui, une station par laquelle on peut entrer en communication directe avec le chef-lieu de la région, en même temps qu'avec toute la France. Au point de vue des arrivages, qu'il faut aller chercher à la gare sans choisir son moment, l'importance des facilités dues au voisinage de cette gare est souvent plus grande que celle de l'économie sur le coût du camionnage. Il y a là une action de présence des chemins de fer, qui s'ajoute à celle que produit l'abaissement même du prix de transport, et qu'il ne faut pas négliger; M. Considère l'a très justement mise en lumière.

Mais sans la négliger, il ne faut pas non plus en exagérer l'importance, car malheureusement l'expérience montre que ces éléments de trafic latents sont fort lents à se développer, que la routine subsiste, même là où le chemin de fer pénètre, et qu'en faisant trop grand fonds sur les transports de cette nature, on s'expose à de graves déceptions. Quand on a eu souvent l'occasion de comparer les prévisions faites pour le produit d'une ligne, avec les recettes réalisées effectivement même plusieurs années après son ouverture, on est frappé de voir à combien de mécomptes donnent lieu les calculs basés

sur le trafic qui n'existe pas encore, mais dont tous les éléments existent, et qui semble devoir naitre dès que l'outil nécessaire sera créé. Ce n'est pas seulement sur les lignes où des conventions mal conçues entravent le développement des transports, que ceux-ci restent fort au-dessous des chiffres qu'annonçaient et espéraient les promoteurs de beaucoup de chemins de fer d'embranchement.

En tout cas, même l'action de présence que nous venons d'admettre s'exerce, croyons-nous, plus pour le trafic local que pour le trafic à grande distance ; car pour que celui-ci naisse, il ne suffit pas que l'habitant du village desservi par un embranchement ait sous les yeux la preuve palpable que le transport est possible ; il faut encore qu'il entre dans des conceptions et des combinaisons supposant des idées et des connaissances que le chemin de fer contribuera sans doute à la longue à développer dans le pays, mais qu'il ne suffira certainement pas à y apporter.

Remarquons, en passant, que c'est surtout par le déplacement des voyageurs, et par les idées nouvelles qu'il fait naître, que s'exerce cette action de propagande, la seule, pour ainsi dire, que l'on puisse considérer comme ayant une réelle influence sur le trafic à grande distance, si l'on admet avec nous que, pour ce trafic en particulier, l'économie directe réalisée, par rapport à l'ancienne route, sur les 20 kilomètres en moyenne parcourus par les marchandises sur les lignes d'intérêt local, est souvent négligeable. D'où nous tirons cette conséquence, que, contrairement à une opinion souvent énoncée, même au point de vue unique du développement de la richesse publique, le trafic des voyageurs, sur les lignes secondaires, ne doit pas être considéré comme moins intéressant que le trafic des marchandises.

Ainsi, tout en reconnaissant le bien fondé de quelques-

unes des considérations invoquées par l'auteur du mémoire que nous étudions, nous croyons que son raisonnement général, pas plus que ses exemples particuliers, ne peut conduire à une évaluation numérique approchée de l'influence moyenne des affluents sur le trafic des grandes lignes. A vrai dire, nous doutons qu'aucun raisonnement ou aucun ensemble d'exemples permette d'obtenir, sur ce point, une moyenne utilisable. Les erreurs auxquelles ont conduit les applications de la méthode si ingénieuse de M. Michel sur l'évaluation du trafic, dès qu'on a voulu l'étendre à des cas un peu différents de ceux qu'avait eus en vue son auteur, montrent les dangers des généralisations en pareille matière. M. Considère a eu soin de dire qu'il n'entendait nullement déduire de son étude des règles applicables à tous les cas. Nous ne saurions trop y insister. Nos propres *inductions* nous conduiraient à penser que l'importance du trafic procuré aux grandes lignes par les affluents, tout en étant assez grande, est bien moindre qu'il ne le croit. Mais la question est surtout question d'espèce, et les exemples nouveaux qui seront étudiés pourront rendre de grands services, comme termes individuels de comparaison pour des lignes présentant des conditions analogues, dans des régions similaires ; jamais ils ne pourront donner une moyenne applicable à la plupart des cas.

Telle ligne aboutit directement au centre social, au grand marché de la région, et ne donne, pour ainsi dire, aucun trafic aux artères principales reliant ce centre avec le reste du territoire, car pendant fort longtemps toutes les relations des villages desservis s'arrêteront au point d'embranchement. Telle autre, se raccordant avec la grande ligne à une certaine distance du centre d'attraction du pays, produit une plus-value de recettes notable sur quelques kilomètres, entre la bifurcation et

ce centre, et ne donne rien sur le reste du grand réseau. Telle autre, enfin, dessert un pays dont la production présente ce double caractère, de s'adresser à des débouchés éloignés, et d'être sensible à la moindre amélioration dans les conditions du transport, soit comme prix, soit comme vitesse; celle-là seule pourra donner une plus-value considérable sur l'artère principale; elle seule se trouvera dans les conditions auxquelles correspondent les exemples, comme les calculs hypothétiques, de M. Considère. Quant au cas où le petit embranchement de chemin de fer fera lui-même naître un trafic à grande distance, nul jusque-là, il existe sans aucun doute; mais nous doutons qu'il soit assez fréquent pour exercer une action importante sur le produit des grandes lignes.

b). *Bénéfices directs réalisés par le public sur les transports.* — Dans son chapitre IV, M. Considère cherche à évaluer les bénéfices directs que le public tire des transports empruntant une ligne d'embranchement. Ayant commencé par exposer, comme nous venons de le dire, qu'en moyenne chaque expédition effectue sur la ligne principale un parcours bien supérieur à celui qu'elle effectue sur la ligne d'embranchement, il s'attache surtout à rechercher quel est, sur nos grands réseaux, le rapport moyen entre : 1° la recette réalisée par les compagnies; 2° les bénéfices directs que le public tire des transports. Traçant les courbes de trafic suivant la méthode de Dupuit, il en déduit, par une démonstration géométrique ingénieuse, que sur l'ensemble de nos grands réseaux, si l'on admet que les compagines appliquent à chaque nature de transports le tarif qui doit leur donner le maximum de produit net, les bénéfices réalisés par le public sur la valeur des transports s'élèvent *au plus* à la moitié de la recette brute encaissée par le chemin de fer.

Nous pourrions passer rapidement sur ce point, puisque nous n'admettons pas le rôle prépondérant attribué par M. Considère au parcours effectué sur les grandes lignes, pour les marchandises en provenance ou à destination des embranchements. Cependant, il nous paraît utile de nous arrêter un instant à un raisonnement qui nous paraît évaluer beaucoup trop bas les avantages directs procurés au public. A notre avis, l'hypothèse sur laquelle il repose est erronée, et les tarifs des compagnies sont, en général, fort au-dessous du chiffre qui leur donnerait le maximum de bénéfices.

Cette hypothèse, que tous les tarifs ont été établis de manière à réaliser le maximum de bénéfices pour l'exploitant, ne serait vraie qu'avec des compagnies absolument maîtresses de leur tarification. Or, en premier lieu, et M. Considère l'a signalé lui-même, pour tous les transports qui se font aux prix du tarif légal, la taxe ne résulte pas d'abaissements proposés par les compagnies dans leur propre intérêt. En second lieu, parmi les abaissements réalisés sur la proposition des compagnies, il en est beaucoup qui ont été proposés, spontanément ou sous la pression de l'administration, par des compagnies qui les considéraient comme contraires à leurs intérêts pécuniaires directs, mais qui voyaient des avantages d'un autre ordre à faire ces concessions. M. Considère fait remarquer, avec raison, qu'aux environs du tarif qui donnerait le maximum de bénéfices à l'exploitant, ce bénéfice, comme toute *fonction* voisine de son maximum, varie peu quand la *variable*, qui est la taxe, subit des variations assez sensibles. Ainsi, aux environs de ce point, un abaissement sensible de la taxe peut procurer au public des avantages notables, sans coûter bien cher à l'exploitant. Notre expérience des négociations entre l'administration et les compagnies, en matière de tarifs, nous porte à croire que, dans bien des circonstances, l'admi-

nistration obtient des abaissements de cette nature, et que les compagnies sont souvent amenées à consentir des réductions de prix fort appréciables, qui ne leur causent qu'un préjudice minime grâce au développement de trafic qu'elles amènent, et qui augmentent très notablement les bénéfices directs du public; c'est le cas, notamment, de bien des abaissements imposés aux compagnies comme condition de l'homologation d'autres propositions qu'elles jugent utiles à leurs propres intérêts. Enfin, et en troisième lieu, beaucoup d'abaissements proposés par les compagnies dans un but de gain, mais qui, à l'expérience, se sont trouvés onéreux pour elles, sont restés en vigueur parce que, en fait, on ne relève pour ainsi dire jamais un tarif abaissé.

Inversement, il n'est pas douteux qu'il existe des tarifs supérieurs au chiffre qui donnerait le maximum de bénéfices. Précisément parce que les compagnies ne peuvent jamais relever un prix, elles ne peuvent pas chercher, par tâtonnement, le tarif le plus avantageux, et souvent elles hésitent à proposer une réduction qui, en fait, serait lucrative pour elles, parce qu'elles n'ont pas une certitude suffisante à cet égard, tandis qu'elles savent bien qu'une fois réalisé, l'abaissement serait définitif, même si l'expérience prouvait qu'il est onéreux. Leur timidité à marcher dans la voie des abaissements est parfois justifiée; elle est souvent aussi excessive. De plus, l'administration s'oppose à beaucoup d'abaissements de tarifs qui donneraient certainement un accroissement de recettes sur le point où l'on propose de les appliquer, mais qui conduiraient à des taxes peu en harmonie avec les prix payés, par les transports similaires, sur des points où les mêmes éléments d'accroissement de trafic n'existent pas.

Il y a donc, sur les grands réseaux, beaucoup de tarifs inférieurs au chiffre que donnerait le maximum de bénéfices et quelques autres qui lui sont supérieurs. Nous

inclinons à penser que les premiers sont, de beaucoup, les plus nombreux, et que par suite le bénéfice réalisé sur les transports par le public est, en ce qui concerne le réseau d'intérêt général, fort supérieur au chiffre indiqué par M. Considère.

Mais il n'en résulte nullement qu'il en soit de même pour les chemins de fer d'intérêt local, en ce qui concerne soit leur trafic propre, soit surtout le trafic qu'ils procurent aux grandes lignes.

A l'égard de leur trafic propre, M. Considère reconnaît que les avantages procurés au public sont très minimes avec les conventions actuelles, qui portent l'exploitant à écarter le trafic. Mais en supposant même que des conventions mieux conçues intéressent celui-ci au développement des transports, il lui arrivera bien moins souvent qu'à l'exploitant d'un grand réseau, d'être amené à abaisser ses tarifs sur un point où cela ne serait pas indispensable, en vue d'être autorisé à les abaisser également sur un autre point où il aperçoit des éléments de développement de trafic. Les tarifs plus simples du chemin de fer d'intérêt local se prêtent, bien mieux que ceux d'un réseau étendu, à faire payer à la marchandise tout ce qu'elle peut payer.

Pour les transports locaux qui s'effectuaient avant le chemin de fer, la taxe d'une gare à une autre gare est sans doute bien plus basse, sur le chemin de fer d'intérêt local, que n'était l'ancien prix sur la route. Mais les marchandises ne vont pas d'une gare à une gare; elles vont du domicile de l'expéditeur à celui du destinataire. Or bien souvent, entre ces deux points, au lieu de suivre l'itinéraire le plus direct, on fait un détour sensible pour prendre le chemin de fer. Le camionnage au départ et à l'arrivée, qui déjà n'est pas négligeable quand le parcours total est de 100 kilomètres, devient relativement très important pour un parcours moyen de 20 kilomètres; il l'est d'autant plus,

que les gares d'intérêt local desservent rarement une population très agglomérée. En additionnant tous les éléments du transport de bout en bout, camionnages compris, on constate souvent que, pour les transports purement locaux, l'économie totale due au chemin de fer est bien minime.

Elle l'est un peu moins pour les transports à destination ou en provenance de la grande ligne, si le raccordement entre celle-ci et la petite ligne est direct; car pour comparer les conditions nouvelles du transport aux conditions anciennes, on a, d'un côté, un seul camionnage, puis le trajet sur le chemin de fer d'intérêt local, et un transbordement à la gare d'embranchement, en regard d'un transport direct à cette gare par la route, de l'autre côté. Cependant, là encore, on fait souvent, pour prendre le chemin de fer, un détour qui atténue sensiblement l'économie sur le parcours total.

Si l'économie sur les transports préexistants est déjà minime, c'est surtout sur le trafic nouveau procuré à la ligne principale qu'il est difficile d'admettre que le public réalise un bénéfice considérable. Si ce trafic n'existait pas avant le chemin d'intérêt local, c'est, le plus souvent, qu'il ne pouvait pas supporter le prix résultant de la taxe sur la grande ligne, ajoutée au transport sur essieu jusqu'à cette grande ligne. Or, c'est sur ce dernier élément *seul* que la création du chemin de fer d'intérêt local permet de réaliser une économie. Il est donc tout à fait inexact de calculer l'avantage procuré au public en disant que, pour les transports en général, cet avantage est, *en moyenne*, égal à la moitié par exemple de la recette procurée au chemin de fer, et en appliquant ensuite cette proportion de moitié à l'ensemble des recettes réalisées sur la grande et sur la petite ligne. Pour préciser, si un chemin de fer d'intérêt local réduit de 10 francs à 5 francs le coût du transport d'un produit entre une ferme et la

gare d'embranchement sur la grande ligne, et si, grâce à cette réduction, certains produits qui ne s'expédiaient pas auparavant font, sur la grande ligne, un parcours qui lui procure une recette de 15 francs, il ne faut pas dire que les marchandises qui payent ainsi aux deux chemins de fer une taxe totale de 20 francs doivent, en même temps, procurer aux expéditeurs un bénéfice de moitié, soit d'environ 10 francs; car alors, on devrait se demander pourquoi ces expéditeurs auraient attendu la création de la ligne d'intérêt local pour effectuer des expéditions qui, même au temps où elles leur coûtaient 5 francs de plus, leur auraient procuré 5 francs de bénéfices. Sans doute, nous l'avons dit, il est bien des cas où ils ne le faisaient pas parce qu'ils n'y pensaient pas. Mais il en est certainement beaucoup d'autres où, si le trafic n'existait pas, c'est qu'il ne pouvait pas supporter l'ancien prix total, parce que le bénéfice à attendre de l'opération était inférieur aux frais, avec cet ancien prix. Pour toute la fraction du trafic nouveau amené à la ligne principale qui rentre dans cette dernière catégorie, l'économie réalisée sur le trajet du domicile de l'expéditeur à la gare d'embranchement est le maximum du bénéfice réalisé par le public, puisque c'est cette économie seule qui a transformé une opération onéreuse en opération lucrative. Le bénéfice du public est, dans ce cas, absolument indépendant du trajet effectué sur la grande ligne.

Il est évidemment impossible de chiffrer, dans le trafic procuré à une grande ligne par un affluent, l'importance relative des éléments rentrant dans les cas auxquels s'applique le raisonnement ci-dessus. Tout ce que nous en voulons conclure, c'est que, pour une partie notable de ce trafic et du trafic propre à la petite ligne, le bénéfice du public, à égalité de recettes, est notablement moindre que pour le trafic propre aux grands réseaux. Si nous croyons que, pour ce dernier, les bénéfices directs du public sont

très supérieurs à la moitié de la recette réalisée par le chemin de fer, et dépassent probablement le chiffre de cette recette, nous inclinons au contraire à penser que, pour le trafic des lignes secondaires et pour le trafic amené par celles-ci aux grandes lignes, le bénéfice réalisé par le public est relativement minime. C'est là une différence qui est de très grande importance dans l'appréciation de l'influence respective des grandes lignes et des petites pour le développement de la richesse publique, et sur laquelle nous reviendrons à propos des bénéfices indirects.

c). *Bénéfices indirects.* — C'est surtout sur cet article des bénéfices indirects, que la théorie du mémoire que nous étudions nous paraît difficile à admettre.

Il faut bien s'entendre sur ce que l'on appelle bénéfices indirects dûs à un chemin de fer. On désigne souvent ainsi, dans le langage courant, tous les avantages dûs au chemin de fer en dehors de la recette nette, et notamment les bénéfices réalisés par le public, bénéfices que l'on peut classer en deux catégories : économies sur le prix des transports qui s'effectuaient avant le chemin de fer, mais en payant un prix plus élevé; excédent, sur le prix nouveau, de la valeur des transports qui ne pouvaient pas s'effectuer aux anciens prix, et que le chemin de fer seul a rendus possibles. Or, ce sont là des avantages très directs, ceux précisément dont nous venons d'examiner l'importance. Les véritables bénéfices indirects, ceux auxquels M. Considère donne ce nom, avec beaucoup de raison, ce sont ceux qui résultent, en sus des recettes nettes, d'une part, et des bénéfices du public sur les transports, d'autre part, du développement industriel, agricole, commercial engendré par les chemins de fer. Or, ce développement, nous sommes très loin de le nier, mais nous croyons que le considérer comme *s'ajoutant* aux bénéfices directs, en tant que plus-value de la richesse

sociale créée par le chemin de fer, c'est commettre une véritable confusion.

Pour bien préciser notre pensée, prenons le premier exemple donné par M. Considère, en reproduisant ses propres paroles, pour être sûr de ne pas en affaiblir l'autorité.

« Supposons, dit-il, qu'un maître de forges ne puisse soutenir la concurrence étrangère que si les minerais qu'il emploie lui reviennent, au plus, à 20 francs la tonne; la valeur du minerai en question, pour ce maître de forges, c'est-à-dire le prix maximum qu'il peut en donner, sera de 20 francs. Si donc il le paye 18 francs, transports compris, il fera une économie de 2 francs par tonne de minerai, soit de 6 francs par tonne de métal dont la production exige l'emploi de 3 tonnes de minerai; et, s'il vend cette tonne de métal au prix de 200 francs, la différence entre ce prix de vente et la somme de 54 francs dépensée pour le minerai, représentera des salaires distribués soit à l'usine, soit à la houillère, et une certaine rente payée aux capitaux. Il est inutile d'insister pour montrer combien la somme d'utilité correspondante à toute cette production, qui représente une valeur de 200 — 54 = 146 francs, peut l'emporter sur l'économie de transport, qui n'est que de 6 francs. »

Oui, sans doute, cela serait vrai, si la main-d'œuvre et les capitaux qui reçoivent ces 146 francs en salaires ou en intérêts devaient, à défaut de cet emploi, rester oisifs, ou tout au moins recevoir des salaires et un intérêt notablement moindres. Mais s'il en était ainsi, on ne comprendrait pas pourquoi ce maître de forges aurait subordonné toute sa fabrication aux 6 francs d'économie sur les transports. Il lui eût été bien facile d'abaisser son prix de revient de plus de 6 francs, en offrant un salaire un peu moindre à la main-d'œuvre, un intérêt un peu moindre aux capitaux, et ceux-ci eussent encore été trop

heureux de s'employer à ces conditions. Puisqu'il ne peut pas le faire, puisque, par hypothèse, il cesse de pouvoir soutenir la concurrence étrangère dès que son minerai lui revient à plus de 20 francs, c'est qu'avec ce minerai à 20 francs, il peut tout juste payer le taux de salaires et d'intérêts indispensable pour attirer à son industrie la main-d'œuvre et le capital, c'est-à-dire qu'il paye des salaires et des intérêts différant très peu de ceux que cette même main-d'œuvre et ce même capital trouvaient dans d'autres emplois. Dire que 20 francs est le prix limite du minerai, pour une industrie, c'est dire précisément que c'est le prix avec lequel cette industrie offre la rémunération courante au travail et au capital. Cette rémunération ne leur viendra donc pas de la baisse du prix de transport, ou du moins cette baisse ne l'aura améliorée que fort peu.

Nous croyons que tout exemple de bénéfices indirects, soumis à la même analyse, conduirait aux mêmes résultats, qui peuvent se résumer ainsi. Un chemin de fer nouveau produit deux sortes de conséquences : il procure certains bénéfices à l'exploitant et au public sur les transports auxquels il sert ; il amène, par suite, des transformations industrielles, agricoles et commerciales. Mais dans ces transformations, il n'y a de bénéfices réellement *créés* par le chemin de fer que ceux qui résultent de l'économie sur les transports ; tout le reste n'est que *déplacement* de capitaux et de main-d'œuvre ; et ce déplacement s'opère dans des conditions de rémunération ne différant pas très notablement des conditions antérieures, car, nous le répétons, s'il eût été de nature à procurer des avantages très supérieurs à l'économie faite sur le transport, dans bien des cas, sinon dans tous, il n'eût pas attendu cette économie pour se produire. Il n'en est autrement que quand le chemin de fer agit par cette espèce d'action de présence que nous avons admise, c'est-à-dire quand les transports auxquels il sert eussent parfaitement

pu supporter les anciens prix, quand il est l'*occasion*, et non la *condition* des transformations industrielles. C'est dans ce cas exceptionnel, seulement, qu'à l'économie réalisée sur les transports, s'ajoutent certains bénéfices que l'on peut qualifier d'indirectement dûs au chemin de fer, savoir, ceux dont le manque d'initiative des particuliers empêchait seul la réalisation, même quand le chemin de fer n'existait pas.

Nous ne voulons pas dire par là que, même en dehors de ce cas, tout chemin de fer n'entraîne pas indirectement un certain développement de la richesse publique. Tout capital nouveau va constamment croissant et fructifiant, pour développer la prospérité générale ; or, chaque année, la portion nouvelle de la richesse publique qui se capitalise n'est que la minime fraction de la production générale que n'absorbent pas les dépenses courantes ; par suite, une économie même très médiocre sur les frais de production, constituant un excédent nouveau par rapport à ces dépenses courantes, devient la source d'un accroissement du capital national relativement important. Mais pour qu'un chemin de fer produise ces résultats, il faut qu'il amène une réelle diminution dans le prix de revient total des transports, intérêts du capital compris, et non qu'il fasse payer aux uns, par l'impôt, plus qu'il ne fait gagner aux autres, par l'abaissement des prix payés pour leurs expéditions. Les sommes que l'impôt prélève sur les contribuables, pour combler les déficits d'une ligne, auraient fructifié et augmenté, entre les mains de ces contribuables, tout comme fructifieront et augmenteront, dans les mains de ceux qui usent des chemins de fer, les économies procurées par ceux-ci sur le prix des transports. Ces économies permettent à certaines industries de naître et de prospérer; par contre, le léger surcroît d'impôts que le chemin de fer motive peut devenir, ailleurs, la goutte d'eau qui fait déborder le vase, la surcharge qui tue ou

arrête dans son développement une industrie importante. Les effets indirects de l'impôt sont moins visibles, parce qu'ils sont plus dispersés; rien ne prouve qu'ils sont moins importants. Pour être certain que la création d'un chemin de fer subventionné est un bien, il faut être au moins assuré que ce que l'on donne aux uns dépasse sensiblement ce que l'on enlève aux autres, que l'économie faite sur les transports est supérieure aux charges assumées par le budget; car si, envisagée dans ses conséquences directes, l'opération n'est qu'un déplacement d'argent, et si on compte, pour en constituer le bénéfice, sur les conséquences indirectes, nous ne voyons pas de quel droit on affirme que l'argent sera plus utile là où on le porte, que là où on le prend.

On fait valoir, il est vrai, la transformation prodigieuse que la création des chemins de fer a amenée dans la richesse publique. Cette transformation est évidente. Mais si beaucoup d'auteurs l'ont constatée, bien peu ont essayé de la chiffrer, et ceux qui l'ont tenté donnent eux-mêmes leur évaluation comme fort problématique. Qui pourrait dire, en effet, dans quelle mesure l'action indirecte des chemins de fer a contribué à la transformation économique qui s'est produite dans notre siècle? Qui pourrait faire, dans cette transformation, la part des chemins de fer, celle de la navigation à vapeur ou des autres emplois de la machine à vapeur, celle des perfectionnements des industries chimiques et métallurgiques et des progrès des sciences appliquées, celle des traités de commerce, du développement de l'instruction et des lumières, de la transformation du crédit et des facilités qu'elle a données à l'emploi de la petite épargne, etc. Les chemins de fer ont assuré un emploi fructueux à d'immenses capitaux, et ont abaissé dans une énorme mesure le prix des transports; ils ont contribué ainsi directement, pour une part très importante, au développement de la richesse publique. Attri-

buer, en outre, à leur action indirecte, des effets que l'on pourra, tout aussi bien, attribuer un autre jour à de tout autres causes, n'est-ce pas s'exposer à faire des doubles emplois, source d'erreurs extrêmement graves dans l'appréciation des destinations à donner à l'épargne publique.

Comme le fait remarquer M. Considère lui-même, la plupart des auteurs qui ont essayé de rechercher l'ensemble des avantages dûs aux chemins de fer ont réuni les bénéfices indirects avec les bénéfices directs réalisés par le public sur les transports. Ils arrivent, pour l'ensemble, à des chiffres fort élevés, parce qu'ils admettent, conformément à l'opinion soutenue ci-dessus, que les bénéfices directs du publics, l'économie réalisée par lui sur l'ensemble des transports effectués par le réseau français, sont considérables: égaux à la recette d'après M. Michel, doubles d'après M. Picard. Mais nous venons d'essayer de montrer que cette économie doit être beaucoup moindre pour le trafic dû aux lignes nouvelles, que pour le trafic préexistant sur les grands réseaux; il en résulte que le rapport entre le développement de la richesse publique provenant de ce nouveau trafic, et la recette qu'il procure tant à la grande ligne qu'à la petite, doit être bien inférieur au rapport des mêmes quantités pour l'ensemble du réseau français.

Il est vrai qu'en dehors des économies procurées sur les transports, les chemins de fer agissent indirectement sur la prospérité publique par cette action de présence dont nous avons déjà parlé. Ils suggèrent et provoquent souvent des entreprises qui eussent été lucratives, même avant leur création, mais qui ne naissaient cependant pas, parce que l'échange à grande distance n'entrait pas dans les idées et les habitudes du public. Mais, là encore, n'y a-t-il pas une très grande différence entre les grands réseaux d'intérêt général, et les lignes qui peuvent rester à établir aujourd'hui. Sans porter en compte

à l'actif des chemins de fer tous les progrès qui tiennent à une foule d'autres causes, on doit reconnaître que ces progrès se seraient difficilement réalisés, si les communications entre toutes les parties du monde n'avaient pas été facilitées comme elles l'ont été, si les habitants des régions les plus diverses n'avaient pas pris l'habitude de mettre en commun leurs idées, leurs efforts, de collaborer à l'œuvre du progrès social, en y travaillant chacun suivant ses facultés propres et suivant les ressources dues à sa situation topographique. Peut-on attendre des effets analogues des lignes secondaires restant à établir? sont-elles susceptibles d'amener, dans l'ensemble des relations humaines, ces transformations qui seules sont vraiment fécondes en conséquences indirectes? est-il raisonnable de leur demander beaucoup plus que ce qu'elles produisent directement, l'abaissement du prix de quelques transports?

Nous ne pensons donc pas qu'on puisse attendre de ces lignes des bénéfices indirects d'une importance bien notable. Nous croyons, surtout, que tabler trop largement sur les effets indirects d'une dépense pour grossir les budgets, c'est ouvrir la porte à tous les entraînements et se préparer de terribles mécomptes. Ce sont des raisonnements de cette nature qui ont servi, à certaines époques, à justifier les dépenses de luxe les plus disproportionnées; on remarquait, avec raison, que toute dépense publique faisait *aller le commerce*, et l'on ne se rendait pas compte que les avantages indirects ainsi retrouvés par le public ne représentaient qu'une minime fraction des charges qu'on lui imposait directement. Que des dépenses non reproductives soient souvent justifiées, par les avantages moraux ou même par le seul agrément qu'elles procurent, cela n'est pas douteux. Mais il faut franchement les envisager comme telles, et ne pas se persuader qu'on fait indirectement un bon placement,

quand on fait, en réalité, un sacrifice direct à des intérêts, souvent fort respectables, mais qui n'ont rien de commun avec l'accroissement de la richesse publique.

Conclusions sur l'utilité des lignes d'intérêt local. — Nous venons d'exposer les raisons qui nous empêchent de croire que les bénéfices divers dûs aux chemins de fer d'intérêt local atteignent, en moyenne, les chiffres élevés qu'indique M. Considère. Nous insistons, surtout, sur le danger qu'il y aurait à prendre ces chiffres pour guides dans les décisions à intervenir sur les espèces particulières. Certes, l'auteur du mémoire n'a jamais conçu ni exprimé la pensée que les conclusions auxquelles il arrive puissent dispenser de l'examen des circonstances particulières de chaque affaire. Il n'en est pas moins vrai que, de l'opinion générale que l'on se fera sur le rôle des chemins de fer restant à construire comme facteurs du développement de la richesse publique, dépendra l'orientation donnée à la législation sur la matière, et aussi l'appréciation de la limite de trafic au-dessous de laquelle un chemin de fer doit cesser d'être considéré comme une œuvre utile.

Nous croyons que, dans cette appréciation, il ne faut pas faire grand fonds sur les calculs et les moyennes relatifs aux avantages généraux à attendre des chemins de fer. Seules, l'étude particulière des éléments de trafic constatés spécialement dans le pays, et surtout la comparaison avec les lignes préexistantes offrant des conditions analogues, pourront conduire à une évaluation plus ou moins approchée : 1° des recettes à réaliser sur la ligne elle-même ; 2° des recettes qu'elle fournira à l'artère principale dont elle est l'affluent; 3° des bénéfices directs sur les transports qu'elle procurera au public. C'est la somme des avantages ainsi calculés, constituant l'utilité directe de la ligne, qu'il faut comparer aux dépenses directes

qu'elle entraînera, pour savoir si elle est économiquement utile. Quant aux conséquences indirectes, à celles qui résulteront en bien de la création du chemin de fer, en mal des impôts auxquels elle donnera lieu, elles sont trop aléatoires, trop difficiles à apprécier, pour qu'on puisse les chiffrer dans les calculs.

Étant admis qu'une ligne est utile, il ne faut pas oublier que les avantages ne seront pas recueillis uniquement par ceux qui supporteront les charges; qu'en employant les produits de l'impôt pour créer cette ligne, on fera payer aux uns les bénéfices procurés aux autres. Mais d'autre part, il faut tenir compte des avantages d'ordre moral que produit la facilité nouvelle des communications, du concours qu'elle apporte au développement des lumières, de la solidarité plus grande qu'elle établit entre les parties du territoire. C'est en pesant ces considérations pour et contre, qui sortent du domaine de l'économie politique, que les pouvoirs publics décideront s'il y a ou s'il n'y a pas lieu de créer une ligne nouvelle. Nous le répétons, elles peuvent parfaitement justifier l'établissement de lignes onéreuses au budget général ou local. Mais au moins faut-il se rendre un compte exact de ce que l'on fait, et quand on impose à ces budgets des charges certaines, par des raisons morales, ne pas s'imaginer qu'on fait financièrement une bonne affaire, et que les contribuables retrouveront d'un côté ce qu'ils perdent de l'autre.

Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que c'est surtout au mouvement des voyageurs que sont dus les bienfaits moraux des chemins de fer. Nous avons vu que c'est aussi par le mouvement des voyageurs qu'ils agissent le plus efficacement pour vaincre la routine, et pour faire ainsi apparaître les seuls avantages indirects dont l'existence soit bien prouvée, en dehors des économies sur les transports. On peut donc admettre que le trafic voyageurs, fût-il directement moins utile que celui des mar-

chandises, pèse d'un aussi grand poids dans les décisions à prendre. Nous ne voyons d'ailleurs pas en quoi le voyage, même de pur agrément, serait, au point de vue économique, moins intéressant que le développement de la richesse matérielle, qui, lui aussi, ne vaut que par le surcroît de commodité et d'agrément qu'il apporte à la vie commune.

Il est impossible de chiffrer, d'une manière générale, l'importance respective des trois éléments mentionnés plus haut comme constituant l'utilité directe d'une ligne, car elle dépend des tarifs appliqués, autant que de l'importance du trafic. Cependant nous croyons qu'il résulte des considérations ci-dessus que, dans les conditions les plus fréquentes pour les lignes secondaires, le premier, la recette brute, est le plus important des trois, et que c'est seulement dans des cas exceptionnels que les deux autres atteignent des chiffres relativement élevés. Nous inclinons donc à penser que, dans la plupart des cas, pour qu'il soit certain qu'une ligne offre à la communauté des avantages supérieurs aux charges qu'elle lui impose, il faut que la recette d'exploitation puisse couvrir plus de la moitié de l'ensemble des dépenses. Pour des lignes coûtant environ 50.000 francs par kilomètre, et dont les frais d'exploitation, à l'origine, s'élèvent à 2.000 ou 2.500 francs, les dépenses sont constituées moitié environ par les intérêts et l'amortissement du capital, et moitié par les frais d'exploitation. Pour qu'une ligne soit certainement utile, il faut que la recette brute dépasse la moitié des charges, il faut donc qu'elle couvre les frais d'exploitation, et rémunère même une petite partie du capital d'exploitation. Nous étions arrivé, dans notre mémoire sur les garanties d'intérêts (*), a émettre l'opinion que la condition de

(*) *Annales des ponts et chaussées*, décembre 1888. — *Annales des mines*, 8ᵉ série, tome XVI.

l'établissement de conventions rationnelles avec les concessionnaires de petits chemins de fer, c'était que ceux-ci aient assez de foi dans l'avenir de la ligne pour en attendre des recettes qui leur permettent, non seulement de couvrir les dépenses d'exploitation, mais encore de rémunérer, sans subvention annuelle, la petite fraction du capital qu'ils doivent fournir comme garantie de leurs engagements. Nous retombons ici, par une autre voie, sur une conséquence identique.

Pour le surplus du capital, il est parfaitement admissible que ce soit le budget qui en couvre les charges. Mais M. Considère, ayant admis que le budget trouvera dans la plus-value des impôts une large compensation à ses sacrifices, en déduit que ceux-ci devraient incomber surtout à l'État, qui perçoit presque tous les impôts indirects, les seuls susceptibles de plus-values notables. En combattant son appréciation sur les bienfaits indirects des chemins de fer, nous avons par cela même combattu cette conclusion. On est d'accord pour reconnaître que les intérêts qui justifient la création de chemins de fer au moyen des ressources de l'impôt, concernent, à la fois, l'État, le département et les communes, et que, par suite, c'est en associant leurs efforts qu'on pourra, d'un côté réunir les ressources nécessaires, et d'un autre côté limiter les sollicitations locales. Comme l'État a déjà assumé sa large part de sacrifices, par le développement donné aux lignes onéreuses d'intérêt général, on pourrait admettre qu'il restreignît, plus qu'il ne l'a fait, sa part contributive dans les dépenses des lignes d'intérêt local. Mais, sans faire entrer en ligne les bénéfices indirects que ces chemins de fer lui procurent, il ne faut pas oublier qu'ils sont pour lui une source de bénéfices directs appréciables. La part dont profitent les services publics, notamment celui des postes et télégraphes, dans l'abaissement du prix des transports, les impôts dont sont frappés les titres

émis pour la construction des lignes, enfin les plus-values apportées aux grandes compagnies avec lesquelles le Trésor est en quelque sorte associé, constituent une atténuation des charges assumées par l'État qui, sans être bien considérable, peut justifier le maintien de la proportion actuelle de moitié pour son concours financier.

Les concessionnaires des grands réseaux, qui doivent bénéficier, eux aussi, du rôle d'affluents joué par les petites lignes, tiendront de leur côté compte de cet avantage, en assumant les charges, relativement importantes, qu'entraînent les remaniements des gares de jonction nécessaires pour assurer l'échange des voyageurs et des marchandises dans des conditions satisfaisantes, et en faisant, le cas échéant, bénéficier les petites compagnies du taux supérieur de leur crédit, pour la portion du capital à réaliser autrement qu'en actions. De plus, un concours financier direct de leur part peut être justifié, dans tous les cas où les circonstances spéciales de l'affaire portent à croire que les plus-values de trafic apportées par la petite ligne à la grande seront considérables.

Dans l'ensemble, les errements suivis jusqu'ici pour la création des réseaux locaux ne nous paraissent nullement entachés de timidité. Nous serions plutôt porté à croire qu'ils facilitent outre mesure la création des chemins de fer improductifs, en permettant aux promoteurs de ces entreprises d'en tirer des bénéfices notables, même quand l'expérience prouve que leurs prévisions sur le trafic n'avaient rien de sérieux. C'est là ce qui impose une revision de la législation sur la matière. Faire cette revision dans un sens favorable à l'extension des lignes qui ne seront jamais susceptibles de donner des recettes nettes appréciables, ce serait, à notre avis, à la fois compromettre la situation du budget général et des budgets locaux, et diminuer réellement la richesse nationale.

Tarifs dont l'application produit le maximum d'utilité générale. — Attribuant aux transports par chemins de fer une utilité indirecte aussi considérable, M. Considère en déduit que l'intérêt général commande un grand abaissement des tarifs, et que c'est augmenter les services rendus au pays par une ligne que de provoquer même des transports qui feraient perdre à l'exploitant plus qu'ils ne feraient gagner directement à l'expéditeur et au destinaire. Si l'on admet, comme nous croyons l'avoir établi ci-dessus, que c'est fausser les calculs sur l'utilité des chemins de fer que d'y faire entrer ces prétendus avantages indirects, cette dernière proposition se trouve réfutée par cela même. Mais il est un autre point sur lequel il nous paraît utile d'insister, c'est l'argumentation par laquelle l'auteur du mémoire combat la théorie classique de Dupuit sur les péages.

On sait que la théorie de Dupuit peut se résumer ainsi : pour chaque transport, il y a un tarif prohibitif, c'est-à-dire une limite maxima du prix que l'expéditeur et le destinataire peuvent payer, limite au dessus de laquelle le transport ne s'effectuera pas, parce que le prix que les intéressés auraient à payer serait supérieur à la valeur que ce transport a pour eux, aux avantages qu'ils en attendent. D'autre part, pour le détenteur d'une voie de communication, chaque transport, par les frais qu'il entraîne, est une cause de dépenses; indépendamment des charges constantes (intérêts du capital dépensé, frais de surveillance et d'entretien de la voie, même si la fréquentation était nulle, et, en outre, quand il s'agit d'un chemin de fer, mise en marche du nombre minimum de trains réglementaires, fussent-ils vides), il y a des dépenses corrélatives de chaque augmentation de transport : augmentation de l'usure de la voie et du matériel, consommation de combustible, et le cas échéant, augmentation du personnel des gares, du nombre des trains, du matériel, des

voies de garage, etc. La portion de ces dépenses provenant d'un transport déterminé est ce que M. Considère appelle *prix de revient partiel de ce transport*, ce que d'autres ont appelé *prix de revient de la tonne en sus*. Ce prix de revient est la limite minima du tarif, celle au-dessous de laquelle l'exploitant aurait intérêt à ne pas effectuer le transport, puisqu'il lui coûterait plus qu'il ne lui rapporterait. Le prix de revient partiel varie, d'ailleurs, assez largement selon la nature et les circonstances du transport, selon qu'il exige ou n'exige pas la mise en marche de trains supplémentaires, l'acquisition de matériel, etc.

Si l'on applique, entre deux points, un tarif unique, et si ce tarif s'abaisse progressivement à partir du chiffre qui serait prohibitif pour tous les transports, chaque abaissement nouveau rend possibles certains transports pour lesquels la taxe précédente était prohibitive; et Dupuit a démontré que l'utilité de la voie allait constamment en croissant, tant que l'abaissement provoquait des transports d'une valeur supérieure à leur prix de revient partiel. C'est donc aux environs du prix de revient partiel moyen que se trouverait le tarif unique répondant au maximum d'utilité. Mais Dupuit a démontré aussi que, si on applique aux diverses marchandises des tarifs différents, calculés de manière à n'atteindre, pour aucune d'entre elles, le tarif prohibitif, la voie, servant exactement aux mêmes transports, rend exactement les mêmes services que si on abaissait uniformément tous les tarifs jusqu'au minimum; seulement, les particuliers pour qui s'effectuent ceux des transports qui ont une grande valeur, sont obligés de payer un prix élevé, c'est-à-dire d'abandonner à l'exploitant une partie notable du bénéfice qu'ils en retirent. Celui-ci encaisse ainsi, en sus de la taxe minima couvrant le prix de revient partiel de chaque transport, des sommes variant d'un transport à l'autre, et dont l'ensemble lui sert à couvrir, en totalité ou en

partie, les charges indépendantes du trafic, lesquelles, sans cela, devraient nécessairement être couvertes intégralement par des subventions, et retomberaient à la charge des contribuables.

Or, M. Considère nie qu'il soit possible d'appliquer ainsi, aux divers transports, des prix en rapport avec leur valeur, et il en conclut que la seule manière de tirer d'une voie de communication tous les services qu'elle peut rendre, c'est, si on ne tient pas compte des avantages indirects, d'abaisser tous les tarifs au prix de revient partiel, et si on tient compte des avantages indirects, de descendre au-dessous de ce prix de revient. Sans doute, il fait observer ensuite que l'utilité des abaissements diffère beaucoup suivant les cas, et que, pour les marchandises de grande valeur, elle est relativement minime. Néanmoins, en théorie, il arrive à cette conclusion, que l'intérêt des contribuables est que les lignes d'intérêt local soient exploitées à des tarifs voisins du prix de revient partiel des transports. Il n'étend pas, il est vrai, cette conclusion aux lignes d'intérêt général; mais les raisons de distinguer ne nous apparaissent pas bien clairement, et il semble que si la théorie était exacte pour les unes, elle devrait nécessairement l'être aussi pour les autres, car les arguments s'appliquent dans un cas comme dans l'autre, et le lien entre le budget des Compagnies et celui de l'État est à peu près aussi étroit.

Cette théorie aurait pour conséquence nécessaire de faire à peu près disparaître toutes les différences de tarifs. Remarquons bien qu'il ne s'agit pas ici de la question, si controversée, des tarifs différentiels appliqués à une même marchandise, sur des parcours différents. Il ne s'agit pas de savoir si le prix d'une certaine nature de transports, entre deux gares quelconques, doit se calculer en fonction de la distance, d'après une formule mathématique traduite en barême, ou s'il doit, au contraire, résulter de

prix fermes établis d'après les circonstances commerciales. Non, le cas envisagé est uniquement celui des transports de marchandises différentes entre deux gares données, Lyon et Paris, par exemple. La seule manière de tirer du chemin de fer, entre ces deux gares, tous les services qu'il peut rendre, ce serait de ramener chaque tarif aux environs du prix de revient partiel du transport, ou même au dessous. Or ce prix varie, sans doute, avec la nature du transport, les risques qu'il entraîne, les soins qu'il exige, avec l'importance de l'expédition, etc. Mais enfin les variations sont relativement minimes, surtout sur les lignes à bon profil, où les frais de traction ne sont pas très élevés. Entre Paris et Lyon, pour toutes les marchandises, le prix de revient partiel doit être compris entre 1 et 2 centimes par tonne kilométrique; la théorie conduirait donc à ramener tous les tarifs aux environs de cette base, qui répond à un prix de 5 à 10 francs pour le parcours total.

Pour combattre ainsi la thèse de Dupuit, M. Considère fait observer que, quel que soit le nombre et la variété des tarifs institués entre deux gares, jamais on ne pourra prévoir tous les cas. Une même marchandise, entre ces deux mêmes gares, peut supporter des tarifs très différents, selon qu'elle est destinée à être consommée sur place, ou à être envoyée à quelque distance par camionnage, ou encore à être réexpédiée au loin par chemin de fer; selon qu'elle doit être consommée par le public pour satisfaire directement ses besoins, ou être transformée dans une usine, etc. Il n'est pas douteux, par exemple, que la houille transportée dans une région où le combustible manque pour les usages domestiques, répondant à un besoin de première nécessité, pourrait se vendre bien plus cher, et par suite payer des péages bien plus élevés, que la houille destinée aux industries qui ne se créeront que si elles ont le combustible à bas prix.

Or il est impossible que, dans une même localité, il y ait deux prix courants pour une même marchandise, et le chemin de fer ne pourra pas, à la fois, réaliser l'abaissement nécessaire à la vente à bas prix des houilles destinées à l'industrie, et maintenir le prix élevé que pourraient payer les houilles destinées aux usages domestiques.

Ces considérations sont exactes, et elles montrent avec évidence qu'on est souvent amené, en pratique, à dégrever des transports qui pourraient supporter une taxe élevée, pour rendre possibles des transports similaires qui ne peuvent pas supporter cette même taxe. Mais elles doivent être complétées par un correctif qui nous paraît rendre à la théorie de Dupuit toute sa valeur, et que M. Considère indique lui-même. Il dit en effet : « Pour les marchandises de grande valeur, le prix de vente et, par conséquent, la consommation ne sont influencés, par la dépense de transport, que dans une mesure très minime. On n'augmenterait donc guère le trafic en abaissant les tarifs au-dessous des limites nécessaires pour détruire la concurrence des moyens de transport qui rivalisent avec la voie ferrée. »

Or, ces limites sont bien supérieures au prix de revient partiel ; elles en sont au moins décuples, sur les grandes lignes, lorsque la seule concurrence à craindre est celle du roulage. Cette réserve ne s'applique d'ailleurs pas seulement aux marchandises de grande valeur ; elle s'applique aussi, dans une mesure plus ou moins large, à toutes les marchandises de valeur moyenne, à toutes celles qui valent plusieurs centaines de francs par tonne, et dont le prix par suite n'est presque pas modifié par une différence de quelques francs sur le prix d'un transport. Pour chaque marchandise, il y a certains abaissements qui donnent des résultats considérables, d'autres qui en donnent fort peu, et le niveau où on peut s'arrêter

sans inconvénients est très différent d'une marchandise à l'autre. Parmi les centaines de marchandises rangées dans les premières séries du tarif général, si beaucoup peuvent encore utilement réclamer des réductions de taxe, il en est fort peu pour lesquelles il y ait, en pratique, un avantage réel, au point de vue du développement des transports, à descendre jusqu'à la limite extrême du prix de revient partiel.

Il est très vrai que les différences dans la valeur des transports ne tiennent pas seulement aux différences dans la nature des marchandises, les seules dont il soit toujours facile de tenir compte, et qu'une même marchandise peut, suivant les circonstances, supporter des prix très différents. Mais l'art de la tarification consiste précisément à savoir discerner les circonstances qui exigent un abaissement de tarif, et à subordonner cet abaissement à des conditions *qui en limitent le bénéfice*, autant que possible, à ceux *pour qui il est nécessaire*. Si la moitié des expéditions d'une certaine denrée peut supporter un prix que l'autre moitié ne supporterait pas, cela tient souvent à des différences dans la qualité des produits, dans la nature ou les conditions du trafic, dans la provenance, la destination. Ces différences, un bon chef d'exploitation commerciale doit s'ingénier à les découvrir, et à en faire la base de deux tarifs différents. Il peut, pour cela, établir des distinctions nouvelles dans la classification, rechercher les conditions spéciales de tonnage, d'emballage, de délai qui conviendraient à une partie du trafic et non à l'autre. S'il s'agit de marchandises qui doivent être réexpédiées au delà de la gare destinataire, on peut leur accorder les réductions spéciales qui leur sont nécessaires sous forme de tarifs communs avec d'autres chemins de fer, avec des entreprises de navigation ou de roulage. On peut même établir, dans certains cas, des distinctions suivant la destination du produit. C'est ainsi, par exemple, que les

chaux destinées à être employées comme amendements par l'agriculture sont tarifées, sur tous nos réseaux, à un prix plus réduit que les chaux destinées à la construction. Les établissements métallurgiques, dont la consommation en houille est telle que le moindre écart dans le prix de transport a pour eux une importance capitale, jouissent, sur le réseau de Lyon, d'un léger avantage pour les expéditions qui leur sont faites directement. De même, pour les voyageurs, les distinctions de classes, les réductions accordées à ceux qui vont et reviennent dans un très court délai, à ceux qui effectuent des voyages circulaires ou qui se rendent à certains centres de réunion, les places de luxe, les trains de plaisir, etc., mettent autant que possible les taxes en harmonie avec les prix que le public sera disposé à payer pour chaque voyage.

Il est certain que cette harmonie est loin d'être complète. Nous irons jusqu'à admettre, si l'on veut, que chaque expédition pourrait supporter une taxe différente, et qu'il est impossible d'essayer d'appliquer à chacune cette taxe, sans tomber dans le pur arbitraire. On ne peut jamais, en fait, accorder une réduction à certaines marchandises ou à certains voyageurs, pour qui elle est nécessaire, sans qu'elle profite à d'autres, pour qui elle ne l'est pas, et on se trouve constamment placé entre ces deux écueils : rendre impossibles certains transports dont l'utilité serait fort supérieure à leur prix de revient partiel, faute de leur accorder le tarif réduit dont ils auraient besoin; ou voir ce tarif réduit profiter à d'autres qui pourraient payer davantage, et perdre ainsi des recettes qui eussent été nécessaires pour couvrir la partie constante des frais de l'entreprise.

Ce que nous tenons à faire ressortir, c'est que ce second inconvénient n'est nullement négligeable. En effet, toute la partie des frais d'un chemin de fer que ne couvrent pas les transports retombe à la charge des contri-

buables, sous forme de subventions ; et cela n'est pas vrai seulement sur les lignes d'intérêt local, cela est vrai aussi sur les lignes d'intérêt général qui font appel à la garantie d'intérêts ; un raisonnement analogue s'appliquerait même, dans une certaine mesure, aux lignes qui pourraient éventuellement, par un partage des bénéfices, fournir au budget une ressource précieuse.

Toutes les fois que, par un abaissement inutile, on ne fait payer que 10 francs à l'expéditeur ou au voyageur qui aurait pu en payer 20, qui, même à ce prix, eût trouvé un avantage dans l'opération, on lui fait cadeau d'une somme de 10 francs, qu'il faudra bien trouver ailleurs. Ces 10 francs, on ira les demander, par la voie de l'impôt, à d'autres, qui sont peut-être plus pauvres que celui à qui on les donne, qui en auraient peut-être un plus urgent besoin ; on prend aux uns pour donner aux autres, et on ignore absolument si ceux à qui on prend ne sont pas plus dignes d'intérêt que ceux à qui l'on donne.

L'ancienne formule de M. Solacroup : *Faire payer à la marchandise tout ce qu'elle peut payer*, a soulevé de légitimes protestations, parce qu'on a trop souvent oublié de la compléter par sa contre-partie : *Ne demander à aucune marchandise plus qu'elle ne peut payer.* Si l'on pouvait appliquer les deux formules à la fois, on aurait une tarification parfaite. Il conviendrait seulement, pour toutes les lignes où cette tarification donnerait un excédent des recettes sur les charges de l'entreprise, d'assurer, par des conventions bien faites, le bénéfice de cet excédent à la communauté, en ne laissant aux entreprises privées qui gèrent les chemins de fer que la part nécessaire pour les intéresser à bien exploiter. En pratique, il est absolument impossible d'appliquer rigoureusement les deux formules. Mais de ce que le problème n'est pas susceptible d'une solution parfaitement satisfaisante, il ne

s'ensuit pas que le meilleur parti à prendre soit de le supprimer, en renonçant trop facilement à faire payer les charges des chemins de fer à ceux à qui ils profitent.

Ceci dit, nous sommes tout disposé à reconnaître que le développement du produit net est loin d'être l'objectif unique, ou même principal, que l'on doive se proposer dans l'exploitation d'un chemin de fer. Si on envisage un groupe de transports entre lesquels il est impossible d'établir aucune distinction fondée sur des conditions susceptibles de figurer dans des tarifs spéciaux, il est certain que ces transports ne peuvent pas supporter tous exactement le même tarif. A mesure que le tarif unique qui leur sera appliqué diminuera, un plus grand nombre de ces transports deviendront possibles, le trafic croîtra. Il continuera à croître, et avec lui l'utilité totale produite par la ligne, longtemps après que le tarif sera descendu au-dessous du chiffre répondant à la recette nette maxima. Comme le fait observer M. Considère, la *recette nette* et l'*utilité totale* produites par ces transports sont deux *fonctions* du *tarif*, dont la première passe par un maximum, alors que l'autre continue à croître, tandis que la *variable* décroît. Aux environs d'un maximum, c'est une loi mathématique générale que la fonction qui passe par ce maximum a des variations d'une amplitude bien moindre que les variations correspondantes de la variable, ou d'une autre fonction qui n'est pas voisine d'un maximum ou d'un minimum. Ainsi, pour un ensemble de transports auxquels il faut nécessairement appliquer un même tarif, un tarif un peu inférieur à celui que donne le maximum de recette nette peut amener une réduction minime de cette recette, tout en augmentant sensiblement le trafic, et, avec lui, l'utilité totale; l'abaissement constitue alors évidemment une mesure excellente.

Même lorsqu'on peut établir des distinctions entre produits d'une même nature, fondées sur la qualité, sur

les conditions d'expédition, sur la destination, etc., l'écart entre les tarifs appliqués ne peut généralement pas être égal à la différence de valeur des transports; car dès que cet écart dépasse un certain chiffre, le commerce s'arrange pour en profiter dans tous les cas. Le public change ses habitudes, recourt au groupage, parfois à la fraude, et la partie du trafic à laquelle on croyait faire payer le tarif le plus élevé se fond dans l'autre, dès que l'écart des prix paye la gêne et les faux frais que doivent s'imposer les intéressés pour jouir du tarif réduit. Il en résulte que, bien souvent, le tarif bas indispensable aux transports les moins avantageux, réagit nécessairement sur le prix payé par les autres transports, et qu'on est amené à sacrifier, dans une certaine mesure, la recette à réaliser sur ces derniers, pour développer les premiers. Une tarification calculée en vue d'obtenir le maximum de recettes nettes, en se préoccupant uniquement de ne rien perdre sur les transports chers, serait évidemment une tarification déplorable.

Il y a donc bien des cas où l'utilité générale conduit à sacrifier le produit net au développement des transports. Tout ce que nous tenons à affirmer, c'est que ce sacrifice ne doit pas être considéré comme indifférent, et qu'il ne doit être réalisé qu'à bon escient. Si, avec une perte légère, on peut développer un mouvement important, il ne faut pas hésiter à le faire; mais si, pour augmenter le trafic dans une mesure minime, il faut abandonner une recette notable, et par suite augmenter sensiblement le déficit à combler par le budget, l'abaissement de tarifs qui amènerait cette augmentation d'impôts devrait être condamné. Nous admettrons, si on veut, que pour toute marchandise, tout abaissement de prix donne un développement de trafic. Mais pour chaque catégorie de transports, il y a un chiffre au-dessous duquel un abaissement notable ne produit plus qu'un développement de trafic tout à fait insi-

gnifiant. Ce chiffre dépend d'une foule de circonstances diverses; mais en particulier, il dépend beaucoup plus de la valeur de la marchandise, que du prix de revient partiel du transport. C'est pourquoi, sauf pour les marchandises pondéreuses de faible valeur, il n'y a aucun intérêt à se rapprocher beaucoup de ce prix de revient. C'est pourquoi aussi, la recette nette, si elle ne doit pas être la préoccupation unique en matière de chemin de fer, n'est pas non plus, tant s'en faut, une considération secondaire. Pour nous, rien ne nous paraît moins naturel, en matière de tarifs, que cet ancien *système naturel* de l'Alsace-Lorraine, qui avait pour but de taxer les transports d'après leur prix de revient, abstraction faite de leur nature, et auquel ses inventeurs ont dû bien vite renoncer.

Quant à l'exemple tiré des routes et chemins et des voies navigables, sur lesquels on a supprimé tous les péages, nous ne saurions le trouver probant en faveur de la suppression des péages sur les chemins de fer. Si, sur les routes, les rues et les chemins on ne perçoit plus de péages, avec raison, c'est que l'armée d'employés qu'il faudrait sur un réseau de plus de 600.000 kilomètres, et les entraves auxquelles on devrait soumettre la circulation, doubleraient, tripleraient ou décupleraient la charge pour le public, et qu'il vaut mieux faire payer 1 au contribuable, que 2, 3 ou 10 à ceux qui circulent sur ces voies. En ce qui concerne les voies navigables, la question est trop controversée pour que l'exemple fasse autorité.

Avantages de la formule d'exploitation à six termes, et simplification qu'elle pourrait recevoir. — Différant autant des opinions de M. Considère sur les prémisses, on pourra s'étonner que nous soyons d'accord avec lui sur la conclusion. C'est que, fort heureusement, l'emploi de sa formule n'est pas lié aux opinions de l'auteur sur le rôle économique des chemins

de fer, et qu'elle se prête à des applications extrêmement variées. Avec des coefficients choisis d'une certaine manière, elle pousserait, en effet, à l'abaissement indéfini des tarifs. Mais on peut fort bien prendre des coefficients qui ne poussent à cet abaissement que dans une mesure moindre ; pour mettre la formule en harmonie avec les idées que nous venons de développer, il suffit même de modifier légèrement ceux que propose l'auteur. Ainsi appliquée, la formule ne poussera pas l'exploitant à proposer les réductions qui, à notre avis, seraient inutiles, et elle conservera, sur toutes les formules connues jusqu'ici, l'avantage de ne pas mettre obstacle aux dégrèvements vraiment conformes à l'intérêt public.

Avant d'indiquer cette formule, M. Considère commence par établir que la question de la formule d'exploitation est le point capital dans la détermination du régime des lignes à *faible trafic*. Du moment où on admet la construction de lignes exigeant un concours financier très important des pouvoirs publics, ces pouvoirs ne voudront jamais renoncer à toute participation dans les recettes. Or, de la règle adoptée pour le partage des recettes entre le concessionnaire, d'une part, l'État et le département, d'autre part, dépendra toute l'orientation donnée par l'exploitant à son industrie.

On peut, il est vrai, admettre le principe du partage de la recette nette, après vérification des dépenses réelles d'exploitation. Ce système nous parait très bon en théorie, car nous venons d'exposer qu'inciter l'exploitant à développer la recette nette pour soulager les contribuables, c'est, en général, la manière la plus équitable d'organiser l'exploitation, sur une ligne qui ne couvre pas tous ses frais. La vérification des dépenses réelles ne nous paraît, d'ailleurs, ni impraticable, ni même très difficile. Mais pour que ces dépenses n'atteignent pas un chiffre excessif, il faut les limiter par un maximum. Cela

est évidemment nécessaire, quand on accorde la garantie d'intérêts à des compagnies qui ne sont pas, comme nos grandes compagnies, incitées à exploiter au plus bas prix, par l'espoir de recouvrer un jour la liberté de leur dividende en cessant de faire appel à cette garantie. Cela ne l'est pas moins quand, au lieu d'une garantie, on alloue une subvention en capital, en stipulant le partage des recettes nettes; car si l'on ne fixait pas de maximum, les concessionnaires pourraient trouver plus d'avantages à absorber une fraction aussi élevée que possible des bénéfices, par une augmentation des traitements ou jetons de présence, ou même par des collusions avec les fournisseurs, qu'à partager cette fraction avec l'État et le département. C'est pour cela que le projet de loi actuellement soumis aux Chambres prévoit la limitation des dépenses par un maximum.

Or, pour que le maximum soit utile, il faut qu'il serre d'assez près les dépenses réelles ; on doit donc admettre qu'il sera souvent atteint, et dans ce cas, il fonctionnera exactement comme un forfait. On peut, il est vrai, intéresser l'exploitant à ne pas attendre le maximum, en lui attribuant une part des économies réalisées. Mais ce n'est là qu'un palliatif, car l'état-major de la compagnie resterait exposé à la tentation de s'attribuer la totalité des économies réalisables, au lieu de les partager avec le département à titre d'économies réalisées. La recherche d'une bonne formule d'exploitation a, par suite, presqu'autant d'intérêt dans le système des dépenses réelles limitées par un maximum, même avec prime d'économie, que dans celui du forfait.

Le problème consiste, nous l'avons dit, à trouver une formule qui donne au département et à l'État une part équitable de la recette, si celle-ci atteint un chiffre élevé, sans d'ailleurs empêcher le concessionnaire, comme le font les formules aujourd'hui en vigueur, d'améliorer

l'exploitation et d'abaisser les tarifs, dans les cas où il en pourrait résulter un développement effectif du trafic.

M. Considère propose, pour les frais d'exploitation F, la formule

$$F = a + bR^v + cR^m + dV^k + eM^k + fK.$$

dans laquelle R^v représente la recette voyageurs, R^m la recette marchandises, V^k le nombre de voyageurs kilométriques, M^k le nombre de tonnes kilométriques de marchandises, K le nombre de kilomètres parcourus par les trains; enfin a, b, c, d, e, f sont des coefficients numériques, parmi lesquels b doit être un peu inférieur à c. M. Considère admet, d'ailleurs, que le terme dV^k pourrait être supprimé sans grands inconvénients, à condition d'augmenter un peu le coefficient b. Usant de cette latitude pour supprimer le terme en V^k, et pour faire $b = c$, ce qui conduit à réunir les deux termes en R^v et R^m, nous proposerons la formule

$$F = a + bR + eM + fK.$$

ou R représente la recette brute, M le nombre de tonnes kilométriques de marchandises et K le nombre de trains kilométriques. Cette formule, un peu plus simple que celle de M. Considère, n'a sur elle d'autre avantage que d'être, par cela même, plus facile à faire accepter aux personnes qui partagent le préjugé si répandu, que les idées les plus simples sont nécessairement les plus justes.

Avec ces quatre termes, comme avec les six termes de M. Considère, la formule nous paraît répondre à tous les besoins pratiques, et éviter l'inconvénient capital, aujourd'hui si connu, des formules de la forme $a + bR$, inconvénient consistant à empêcher des améliorations qui seraient lucratives en elles-mêmes, mais que le concessionnaire a cependant intérêt à ne pas faire, parce qu'une partie seulement de la recette obtenue lui est attribuée, tandis que toute la dépense lui incombe.

S'il s'agit de voyageurs, la vraie manière d'augmenter le trafic, c'est de multiplier les trains. Le concessionnaire qui crée un train dont la recette dépasse le coût, mais qui, par le seul jeu du terme en R, ne recevrait qu'une fraction de la plus-value de recette brute réalisée, trouve une compensation dans le terme en K.

Si un abaissement de tarif doit augmenter le trafic voyageurs ou marchandises, le concessionnaire ne sera plus arrêté par la crainte d'être obligé de créer des trains nouveaux, sans être payé suffisamment par sa part de recette, puisque ce même terme en K lui donnerait une compensation pour le surcroît de dépenses qu'il aurait éventuellement à supporter. Comme, d'ailleurs, sur les lignes à profil très accidenté, un train de marchandises porte bien moins d'unités de trafic, et donne bien moins de recettes, qu'un train de voyageurs, comme, en outre, l'augmentation du tonnage marchandises augmente les frais de traction, même quand elle n'oblige pas à multiplier les trains, il est juste d'en tenir compte à l'exploitant, et c'est ce que fait le terme en M.

La présence du terme en R empêche que le concessionnaire ne se désintéresse de la recette. Pour les marchandises de valeur, qui auront toujours un tonnage limité mais qui peuvent payer cher, sa part dans la recette brute sera le terme important pour lui, et il maintiendra les tarifs, à moins qu'un abaissement ne puisse développer la recette elle-même. Pour les marchandises pondéreuses, ce sera le terme en M qui deviendra prépondérant, et l'exploitant aura intérêt à développer le trafic par tous les moyens possibles, lors même que la fraction de la recette brute qui lui serait attribuée devrait en être diminuée. Ses intérêts seront donc d'accord avec l'intérêt public.

La présence du terme en V^k, que nous proposons de supprimer, avait pour objet de tenir compte du léger surcroît de dépenses que causent les voyageurs en sus,

lors même qu'ils n'obligent pas à multiplier les trains. Ce surcroît est si faible, qu'on peut le négliger sans aucun inconvénient. La séparation du terme en R en deux autres, l'un proportionnel à la recette voyageurs, l'autre à la recette marchandises, permettrait d'appliquer à ces deux éléments de la recette des coefficients différents. Attachant au développement du trafic des voyageurs autant d'intérêt qu'à celui des marchandises, nous ne voyons pas de motifs pour faire une distinction de ce genre, et la réunion des deux termes ne nous paraît pouvoir entraîner aucun inconvénient.

M. Considère propose de fixer ainsi ses six coefficients :

$$F = 1.000 + 0,15 R^{v} + 0,25 R^{m} + 0,004 V^{k} + 0,012 M^{k} + 0,40 K.$$

Avec la simplification proposée, nous écririons :

$$F = 1.000 + 0,25 R + 0,012 M + 0,040 K.$$

Selon les circonstances, le profil des lignes, la recette probable, on peut modifier les divers coefficients. Ceux de M. Considère, d'accord avec sa théorie, encouragent fortement à la réduction des tarifs, car l'intérêt du concessionnaire dans le développement de la recette est minime, et d'un autre côté, il pourrait avoir avantage à faire certains transports même gratuitement ; car un train supplémentaire portant, par exemple, 60 tonnes de marchandises, lui rapporterait $0^{f},40 + 0,012 \times 60 = 1^{f},12$, même si la recette correspondante était nulle. Nous croyons donc qu'il serait bon d'augmenter le coefficient de R, et de réduire ceux de M et de K. Nous réduirions aussi volontiers le terme constant. Comme il y a toujours un service minimum de 3 trains par jour dans chaque sens, soit 2.190 par an, un terme 0,30 K donne déjà une allocation fixe de 657 francs ; on peut trouver suffisant d'y ajouter une constante de quelques centaines de francs.

En abandonnant au concessionnaire quatre ou cinq dixièmes de la recette brute, au lieu du quart, on l'in-

téresserait à éviter les dégrèvements inutiles, et c'est ce qui rend la formule acceptable, même à ceux qui croient, comme nous, qu'il importe de ne pas sacrifier la recette nette.

En réduisant à 0,005 environ le coefficient de M, on inciterait encore suffisamment le concessionnaire à attirer le trafic des houilles, des minerais, des amendements et engrais de très peu de valeur, trafic pour lequel l'intérêt public conseille de descendre parfois jusqu'au prix de revient partiel des transports. On ne l'intéresserait pas, cependant, à réduire les tarifs au-dessous de ce prix de revient partiel; car si un train supplémentaire de marchandises contient 60 tonnes environ, avec nos coefficients, il ne rapportera encore au concessionnaire que 60 centimes, en ne tenant compte que du terme en M et du terme en K, et pour que la création de ce train lui soit avantageuse, surtout si, en se répétant, elle peut l'obliger à augmenter le matériel, il faudra que le terme en R donne un supplément qui ne soit pas négligeable, c'est-à-dire que le tarif ne descende guère au-dessous de 2 centimes. L'exploitant n'aurait d'ailleurs intérêt à descendre à des tarifs aussi bas, que si, en attirant ainsi un trafic à peine rémunérateur, il n'entamait pas sensiblement les recettes déjà acquises; autrement dit, étant admis que les abaissements de tarif ont à la fois l'avantage de faire naître le trafic qui ne pouvait pas supporter les anciens prix, et l'inconvénient d'entraîner des sacrifices sur le trafic préexistant qui pouvait les supporter, la formule ne poussera à réaliser ces abaissements qu'autant que les avantages l'emporteront réellement sur les inconvénients.

Même en réduisant beaucoup le terme constant, l'ensemble de la formule, avec le coefficient que nous proposons pour R, assurerait dès le début une rémunération suffisante à l'exploitant, si la recette probable n'était pas trop faible. Si, avec ce coefficient un peu fort, une

exploitation intensive peut attribuer des bénéfices assez élevés au concessionnaire, il n'y a, croyons-nous, à cela que des avantages, et ce serait envisager la question d'une manière bien étroite que de voir là un tort fait à l'État et au département.

Il nous semble donc que, sans entrer dans les calculs savants où est entré M. Considère, et sans admettre tous ses arguments, on peut reconnaître que sa formule est la plus avantageuse, de beaucoup, parmi toutes celles qui ont été proposées. On pourrait, sans aucun doute, trouver des cas où, elle aussi, conduirait à certaines anomalies. Mais ces cas nous paraissent devoir être fort exceptionnels, et en variant les coefficients qui y entrent, on peut accentuer ses effets dans un sens ou dans l'autre. Comme, d'ailleurs, tous les éléments du calcul sont fournis par la statistique même la plus élémentaire, son application n'exige ni travaux spéciaux, ni dépouillements compliqués. En réalité, le seul élément nouveau qu'elle introduise dans le calcul des frais d'exploitation, c'est le tonnage des marchandises; car, dès à présent, tous les concessionnaires ont soin de limiter, dans les conventions, le nombre normal de trains à mettre en marche sur leurs lignes, et de stipuler une rémunération supplémentaire pour les trains en sus; or, cela revient à tenir compte, sous une forme bien moins rationnelle, du parcours kilométrique des trains. Le surcroît de complication de la formule est donc bien peu de chose, en regard de ses avantages.

Conclusions. — Si l'on admet, comme cela résulte, croyons-nous, de notre mémoire sur les garanties d'intérêts, de celui de M. Considère, et des présentes observations :

1° Que, pour être vraiment utile, un chemin de fer doit, en général, pouvoir couvrir ses frais d'exploitation, et de

plus rémunérer directement au moins une minime fraction du capital d'établissement ;

2° Que pour offrir des garanties suffisantes, le concessionnaire doit fournir une fraction de ce capital ; que l'État et le département ont tout intérêt à fournir eux-mêmes le surplus, de manière à profiter du taux supérieur de leur crédit ;

3° Que la formule à quatre ou à six termes permet de calculer le montant forfaitaire ou le maximum des dépenses, en fonction du trafic, dans des conditions propres à mettre les intérêts de l'exploitant d'accord avec l'intérêt général.

Un système rationnel de conventions s'en dégage de lui-même.

Le département ou l'État doit exécuter directement, ou payer en ayant soin de ne le faire que sur justification des dépenses réelles, la majeure partie des travaux de construction, la grande compagnie à laquelle la petite ligne servira d'affluent supportant les frais du raccordement. Le concessionnaire doit fournir le capital minime formant le complément des dépenses de premier établissement.

Pour couvrir l'intérêt de ce capital et les dépenses d'exploitation, il faut lui abandonner les recettes réalisées jusqu'à concurrence du chiffre résultant d'une bonne formule d'exploitation, en y ajoutant les quelques centaines de francs représentant l'intérêt de son capital. La formule à quatre ou à six termes se prête parfaitement à cette combinaison. Il suffit, après avoir calculé les coefficients d'après les besoins de l'exploitation, d'ajouter au terme constant une somme représentant l'intérêt du capital initial fourni par l'exploitant. Les travaux complémentaires et l'augmentation éventuelle du matériel, rentrant dans les charges corrélatives du développement du trafic, doivent être rémunérés par les autres termes

proportionnels à ce trafic, et entrer en ligne de compte dans la détermination de leurs coefficients. En prenant à ses risques et périls l'exploitation dans ces conditions, le concessionnaire prouvera qu'il a foi dans son entreprise, dans la mesure nécessaire pour en justifier l'exécution. Si, ensuite, les recettes excèdent la somme résultant de la formule appliquée au trafic réalisé, le surplus viendra atténuer les charges de l'État et du département. Pourvu, d'ailleurs, que les coefficients soient bien établis, le concessionnaire aura intérêt à développer le trafic, et il y trouvera des bénéfices qui, eu égard au peu d'élévation de son capital, peuvent donner des dividendes assez sérieux.

La justification des dépenses d'exploitation, combinée avec une prime d'économie, peut parfaitement se concilier avec ce système. La formule prend alors le caractère d'un *maximum*, au lieu de celui d'un forfait.

Lorsque l'examen spécial de l'affaire porte à croire que le rôle de la petite ligne, comme affluent du réseau d'intérêt général, aura une importance exceptionnelle, une subvention de la grande compagnie, fixe ou mieux proportionnelle au trafic, serait, en outre, justifiée ; les dispositions que montrent aujourd'hui les directeurs de la plupart des compagnies portent à croire qu'une subvention de cette nature ne serait pas refusée, si les pouvoirs publics les encourageaient dans cette voie.

Quand, en offrant de pareilles conditions, il est impossible de trouver un concessionnaire, nous inclinons à croire qu'en général, c'est la preuve qu'il vaut mieux renoncer à la ligne. Cependant si on prend le parti contraire, en raison des considérations morales ou politiques qui peuvent parfois justifier une mesure économiquement onéreuse, le type de convention que nous venons d'indiquer s'y prête encore. Il suffit, en effet, dans ce cas, pour rendre l'entreprise viable, d'accorder une allocation

annuelle fixe qui viendra s'ajouter à la recette, et en déduction de laquelle viendront, le cas échéant, les fractions de cette recette attribuées à l'État et au département. C'est là, au fond, la combinaison adoptée dans les conventions, assez nombreuses depuis quelques années, dans lesquelles le concessionnaire prend à ses risques et périls l'exploitation, mais se fait servir par le département, en dehors de la recette, l'intérêt du capital qui représente sa part contributive dans les dépenses de premier établissement.

La formule de M. Considère nous paraît donc conduire, dans tous les cas, à une solution satisfaisante d'un problème qui avait jusqu'ici paru insoluble, et sa découverte est un vrai service rendu à tous ceux qui ont à préparer des conventions pour l'établissement de chemins de fer secondaires.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Objet du mémoire de M. Considère 44

Utilité des chemins de fer d'embranchement 48

a) Trafic procuré aux lignes principales par les embranchements. . . 51

b) Bénéfices directs réalisés par le public sur les transports. . . . 58

c) Bénéfices indirects 64

Conclusions sur l'utilité des chemins de fer d'intérêt local. 71

Tarifs dont l'application produit le maximum d'utilité générale . . 76

Avantages de la formule d'exploitation à six termes, et simplification qu'elle pourrait recevoir 86

Conclusions. 93

NOTE

SUR UNE

RUPTURE DU CABLE DU PLAN INCLINÉ

DE L'USINE LAVIE A CONSTANTINE

Par M. JACOB, Ingénieur au Corps des mines.

La rupture dont il va être question met en évidence le fait de la désorganisation rapide des câbles métalliques par suite de leur passage sur des poulies d'un diamètre trop faible et d'enroulements successifs dans des plans différents. Elle a eu pour conséquence une marche en dérive des deux trains, due au non fonctionnement des freins automatiques. A ce double point de vue, cet accident nous a paru présenter un certain intérêt.

L'usine Lavie utilise pour la fabrication des farines et de l'huile d'olive les chutes que forme le Rhumel à sa sortie des gorges de Constantine. Elle est reliée à la place de la Brèche, point de passage obligé pour l'arrivages de matières premières et les expéditions des produits, par une route dont la pente atteint sur la moitié de la longueur 10 à 12 centimètres par mètre. Dans ces conditions, le transport annuel de 10 à 12.000 tonnes de grains à la descente, d'autant de farines à la montée, de 100 à 120 tonnes d'huile représentait une dépense considérable. Aussi se décida-t-on dernièrement à relier

l'usine aux entrepôts voisins de la Brèche par un plan incliné.

Ce plan a une longueur de 1.165 mètres avec une pente uniforme de 0,158, sauf au voisinage des stations où elle a été portée à 0,20 sur une petite longueur.

Le plan est en souterrain sur 900 mètres à partir du sommet et à ciel ouvert sur le reste de la longueur, sauf un passage voûté de 20 mètres, situé entre la station intermédiaire (débarquement des grains au sommet du moulin), et la station du bas (embarquement des farines.)

Le plan est à une seule voie, de 1 mètre de largeur, avec un garage pour le croisement automatique des trains.

Chaque train se compose d'un truc pesant 1.400 kilogrammes, portant 3 wagonnets de 175 kilogrammes l'un. La charge utile d'un truc peut être de 1.500 kilogrammes; à l'avant se trouve une banquette pour la circulation du personnel (*); une toiture en tôle légère règne sur toute la longueur du véhicule. Chaque truc est muni d'un frein à main et d'un frein automatique dont il sera question plus loin.

Câble. — Le câble se compose de 6 torons enroulés sur une âme en chanvre; chaque toron est formé de 8 fils d'acier n° 10 ($1^{mm},5$ de diamètre) et d'une âme formée de 4 fils de fer câblés de 1 millimètre de diamètre.

Le diamètre du câble est de 20 millimètres; son poids est de $1^{kg},400$ au mètre. La résistance indiquée est de 100 kilogrammes au millimètre carré de fil d'acier.

(*) A la suite de l'accident et malgré les perfectionnements apportés, M. Lavie a formellement interdit la circulation des personnes dans le souterrain.

Ce câble, sans fin, est disposé de chaque côté de la voie où il est supporté par des galets en fonte. Au bas du plan, il passe en faisant deux tours et demi sur une poulie de $1^m,40$ de diamètre, actionnée par les turbines du moulin par l'intermédiaire d'une transmission télodynamique.

Au sommet du plan, le câble passe sur une poulie de même diamètre avec chariot tendeur. Le peu d'espace dont on disposait a conduit à disposer cette poulie dans un puits vertical, et par suite à retourner verticalement le câble sur des poulies de renvoi de 1 mètre de diamètre (Pl. III, *fig.* 1 et 1 *bis*). Toutes les poulies sont en fonte et leurs gorges ne portent aucune garniture.

Description de l'accident. — Le 30 décembre 1891, les deux trucs étaient chargés à charge complète et M. M... se trouvait sur le truc montant. La rupture du câble eut lieu lorsque les deux trucs étaient au voisinage du croisement. Autant qu'on put en juger par la position des bouts de câble entraînés, la rupture se fit près des poulies de tête et sans doute aux poulies mêmes.

Les freins automatiques ne fonctionnèrent pas, et les deux trucs partirent en dérive. M. M... n'essaya pas de serrer le frein à main, car la manivelle se trouvant à l'avant, près de la banquette, il aurait été infailliblement écrasé dans la collision des deux trucs résultant du ralentissement du premier; il se faufila entre les sacs et la toiture vers l'autre extrémité.

Après avoir franchi la station intermédiaire, au point où la pente passe de 0 à 0,20, le premier truc en dérive dérailla des deux roues d'avant et vint heurter la tête du passage voûté. La violence du choc fut telle que les longerons furent tordus ou brisés. La toiture fut arrachée, M. M... et le chargement furent projetés hors de la voie. Par un hasard providentiel, M. M... n'eut aucun mal.

Aussitôt après, le deuxième truc vint tamponner le

premier, acheva de le démolir et en refoula les débris sur une quarantaine de mètres. Les débris du châssis du premier truc arrachèrent les rails et les traverses et formèrent ainsi un frein énergique. Grâce à cette circonstance, la chambre de manœuvré qui se trouve en bas du plan fut préservée : tout se réduisit à des dégâts matériels.

Cause du non fonctionnement des freins. — Le câble est fixé *sans solution de continuité* à une barre d'attelage A B placée latéralement au châssis du truc et mobile lè long de celui-ci (*fig.* 2).

Le mécanisme du frein comprend les pièces suivantes : C D, levier articulé en C avec la barre de traction et tournant autour d'un point fixe O du châssis ;

D E, bielle de renvoi ;

E K, levier de frein tournant autour d'un point fixe K, articulé en E à la bielle de renvoi, et en H à une tringle H N qui se termine par un étrier M N embrassant une série de rassorts R à feuilles étagées. Ces ressorts R prennent appui sur une entretoise P Q du châssis.

Le frein proprement dit comprend : 1° une pièce fixée en F au levier de frein et venant frotter contre le rail pour une position convenable du levier; 2° une pièce G fixe, fixée au longeron du châssis et de l'autre côté du rail de façon à limiter la flexion transversale du rail sous l'action du frein.

Fonctionnement. — Lorsque la barre d'attelage A B est tirée vers le haut, le point H se déplace en sens inverse, les ressorts sont comprimés et le frein desserré. Si la traction sur A B cesse ou diminue, le frein se serre sous l'action des ressorts. Aux stations un dispositif spécial empêche le frein d'agir.

Comme le truc doit pouvoir marcher à vide (ce qui a

toujours lieu entre la station intermédiaire et la station du bas), les ressorts ont dû être réglés de façon à ce qu'un effort de 220 kilogrammes (composante du poids du truc vide), exercé sur la barre d'attelage fût suffisant pour empêcher le frein d'agir. Or, quand la rupture a eu lieu, chaque truc traînait avec lui au moins 500 mètres de câble, c'est-à-dire un poids de 700 kilogrammes. Une partie du câble rompu roulait sur les galets, une autre partie avait quitté les galets et frottait sur les traverses et le ballast. La résistance de ce chef est difficile à évaluer; elle a pu atteindre le chiffre de 220 kilogrammes indiqué plus haut. Toutefois, le non fonctionnement du frein ne prouve pas que cette résistance ait été atteinte; il existe, en effet, une deuxième cause qui devait empêcher le frein d'agir.

Pour que le frein se serre, il faut que la barre d'attelage et le bout de câble qui lui est fixé se déplacent latéralement au châssis d'une quantité correspondant à la course des ressorts. Par suite de l'inertie du câble, le serrage n'est pas instantané, et il y a un commencement de marche en dérive. Alors, le brin inférieur se détend et se pose sur la voie; le truc commence à le refouler, la résistance ainsi créée s'applique à la barre d'attelage et s'ajoute à la résistance du brin supérieur rompu. Au bout d'un temps assez court, le câble se replie et prend la position indiquée par la figure 3. La résistance opposée en A par le brin inférieur croît rapidement et arrive très vite à annihiler le frein.

Cet inconvénient eût été évité en coupant le câble au droit de chaque truc et en attelant le brin inférieur à un point du châssis sans connexion avec le mécanisme de frein.

Dans les nouveaux trucs qui vont être mis en service, la résistance du brin inférieur, en cas de rupture, sera utilisée pour le serrage du frein.

Le mécanisme assez ingénieux du nouveau frein mérite d'être signalé.

Le frein proprement dit consiste en une came C munie de dents (*fig.* 4) et disposée de façon à ce que, dès qu'elle entre en contact avec le rail, la vitesse du véhicule contribue à augmenter le serrage.

En cas de rupture du câble, un jeu de ressorts et de leviers analogue au système précédent agit par l'intermédiaire d'une chaine pour mettre la came en contact avec le rail.

Si la résistance du câble rompu empêche les ressorts d'agir, celle du brin inférieur entre en jeu. A cet effet, la barre d'attelage du brin inférieur (distincte de celle du brin supérieur) repousse vers le haut la tringle A B. Celle-ci agit sur la chaîne D E qui commande la rotation de la came. Cette chaîne entraîne, en outre, un plateau E (fixé à la manivelle de la rotation de la came), et sur lequel repose un tenon fixé à l'extrémité d'une sorte d'ancre H mobile autour d'un axe K. L'ancre tombe et accroche les traverses.

On voit sur le croquis que la chute de l'ancre est également provoquée lorsque les ressorts reliés au brin supérieur agissent pour le serrage.

Un ressort à boudin R empêche le fonctionnement intempestif du frein.

Rupture du câble. — Les diverses causes ayant pu déterminer cette rupture au bout d'un temps relativement court sont :

1° La mauvaise qualité du métal;

2° La fatigue et l'usure du câble.

1° *Qualité du métal.* — Nous avons essayé un morceau de câble n'ayant pas servi. Les fils d'acier ont rompu sous une charge de 106 kilogrammes par millimètre carré. A l'essai, au pliage, ils ont rompu après 7 pliages dou-

bles dans un étau garni de mâchoires de 5 millimètres de congé.

L'âme des torons s'est rompue sous une charge de 66 kilogrammes.

Le métal avait donc bien la résistance indiquée.

2° *Fatigue du câble :*

Données. — Poids du chariot tendeur.	2.000	kilogr.
Composante du poids du truc chargé	540	—
Composante du poids de 1.100 mètres de câble. .	250	—

La tension maxima, à l'état de repos, dans le brin supérieur (nous appellerons ainsi la moitié du câble qui, par suite du mouvement alternatif du système, passe toujours sur les poulies du haut), est égale à 1.000 kilogrammes; elle est déterminée par le poids du chariot tendeur. La tension dans le brin inférieur est au plus égale à 1.000 — 540 = 460 kilogrammes.

A l'état de mouvement, cette répartition est modifiée. Soient T_1 et T'_1 (*fig.* 5) les tensions en haut et en bas du plan de la moitié du câble qui conduit, T_2 et T'_2 les tensions correspondantes dans l'autre moitié, R la force motrice rapportée à la jante de la poulie et représentant l'équivalent de l'ensemble des résistances au mouvement.

On a :

$$T_1 + T_2 = 2000 \text{ kg.}$$
$$T_1 - T_2 = R.$$
$$T'_1 + T'_2 = 2000 - 2(540 + 250) = 420 \text{ kg.}$$
$$T'_1 - T'_2 = R.$$

Il résulte de l'observation du câble en mouvement que T'_2 est très faible. On en déduit que R est égal environ à 400 kilogrammes. La plus forte tension dans le brin supérieur sera donc 1.200 kilogrammes, soit 14 kilogrammes par millimètre carré, si on ne fait pas entrer en ligne compte l'âme en fer des torons et $11^{kg},6$ dans le

cas contraire. Ces chiffres sont un peu élevés sans être exagérés.

L'enroulement sur les poulies détermine un surcroît de tension dans le câble.

On admet en général, dans les calculs d'établissement des câbles, que cette tension est représentée par l'expression $E \frac{\delta}{D}$, δ étant le diamètre du fil et D le diamètre de la poulie.

En réalité, cette expression représente la tension élastique de la fibre extrême d'un fil de diamètre δ enroulé sur une poulie de diamètre D. Cette formule donne tout au plus une limite supérieure de la fatigue des fils, elle ne saurait fournir d'indication bien utile, puisqu'elle ne tient aucun compte de la constitution du câble.

Si on prend une série de fils assemblés parallèlement, leur ensemble aura la même raideur qu'une barre où la matière serait distribuée d'une façon identique; si au contraire les fils sont disposés en hélice, la souplesse du câble augmentera à mesure que le pas des spires diminuera; il semble donc que la détermination du diamètre des poulies doive dépendre autant de la constitution intime du câble que du diamètre des fils. Actuellement, ce dernier élément seul intervient.

Le passage des câbles sur les poulies n'a pas seulement pour effet de donner naissance à une tension supplémentaire, il provoque dans une même section une inégale répartition de la charge de service, qu'on peut considérer comme uniformément répartie dans une partie droite. Ce fait tient à la déformation des spires, dont le pas s'allonge à la convexité du câble et diminue dans la partie concave. Cette déformation, qui est produite par des déplacements relatifs des éléments du câble, donne naissance à des frottements et, par suite, à une usure intérieure.

A l'usine Lavie, les charges de service des deux brins et leurs conditions d'enroulement étant très différentes, les deux moitiés du câble ont présenté des différences très tranchées.

Le brin inférieur présente une usure extérieure sensible, mais peu prononcée ; à l'intérieur, à première vue, le câble semble intact ; toutefois, en examinant un fil isolé, on observe une série de petites facettes d'usure *aa* (*fig.* 6), se reproduisant d'une manière identique à chaque spire du câble. Ces empreintes, ainsi qu'on peut s'en assurer par l'observation du câble dont un toron est enlevé, sont produites par le frottement des fils d'un toron contre ceux du toron voisin. Dans un même toron il n'y a pas trace d'usure provenant du frottement mutuel des fils.

Dans le brin supérieur, l'usure extérieure est beaucoup plus accusée : elle atteint la moitié de l'épaisseur des fils sur toute la surface extérieure du câble, ce qui indique que le câble avait des mouvements de torsion qui amenaient successivement tous les points de sa circonférence en contact avec les gorges des poulies.

L'usure intérieure, également très avancée, est formée (*fig.* 7) par des sillons transversaux (*a*) provenant du frottement des fils d'un toron et des fils du toron voisin, de sillons logitudinaux (*b b*) dus aux frottements réciproques des fils d'un même toron, et enfin d'un sillon (*c*) résultant des frottements des fils et de l'âme en fer des torons. Ces derniers se manifestent surtout au droit des facettes d'usure extérieure ; en ces points la section du fil est réduite à fort peu de chose, par suite d'abord de l'usure et aussi de l'allongement permanent qu'a pris le fil dont le métal est devenu aigre et cassant (*).

(*) Peu de temps avant la rupture on avait constaté un allongement notable du câble.

Les déplacements relatifs des torons et des fils au passage de la recette supérieure ont eu, en outre, pour effet d'empêcher l'enduit de goudron dont le câble était fréquemment recouvert de rester adhérent; il en est résulté une oxydation intérieure assez marquée.

En résumé, la rupture du câble, après cinq mois de service, est due à l'usure intérieure et extérieure provenant du faible diamètre des poulies et surtout des enroulements successifs dans des plans perpendiculaires.

Les modifications apportées à l'installation à la suite de l'accident comprennent l'emploi, en haut en bas du plan, des poulies de $2^m,250$ de diamètre $\left(\frac{\delta}{D} = \frac{1}{1500}\right)$. La poulie supérieure est portée sur un chariot tendeur mobile dans le plan du câble. Le centre de la poulie est placé en dehors de l'axe de la voie, et l'un des brins du câble est ramené dans sa position normale au moyen d'une poulie de renvoi de $1^m,40$ dans le même plan et sur lequel l'arc embrassé est faible (*fig.* 8).

Constantine, mars 1892.

BULLETIN

NOTE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES MINES D'OR DU TRANSVAAL (WITWATERSRAND)

Par M. L. DE LAUNAY, ingénieur des mines.

Un rapport récent de M. Aubert, vice-consul de France à Prétoria, nous met au courant des derniers résultats obtenus en 1891 au Witwatersrand. Étant donnés l'importance considérable et le développement croissant de ce district aurifère, nous allons résumer ces documents nouveaux comme suite à l'article que nous avons publié sur le même sujet dans les *Annales* de 1891.

Le rapport comprend, outre des renseignements statistiques très complets, la communication d'un premier essai de carte géologique locale dû à M. Maidment, dont nous commencerons par dire quelques mots.

Cette carte, dont les deux coupes ci-contre (*), toutes deux N.O.-S.E., la première (*fig.* 1) par Johannesburg, la seconde (*fig.* 2) plus à l'ouest, indiqueront suffisamment l'esprit, est en contradiction manifeste avec les études précédentes dont nous avons eu connaissance. Elle place, en effet, dans le précambrien, les conglomérats aurifères. D'autre part, elle représente le silurien comme déposé dans une cuvette des diorites (greenstone), dont nous connaissons ailleurs les intrusions fréquentes au milieu du Karoo. Ce dernier point nous met en garde contre les autres résultats de ce travail, que nous avons tenu néanmoins à signaler (**).

On peut, tout au moins, en conclure l'existence d'une série de zones parallèles E.-O allant des granite et schistes métamorphiques au nord jusqu'aux calcaires et grès classés par M. Maidment dans le silurien, au sud. Les conglomérats aurifères com-

(*) Ces coupes sont à la même échelle que le plan des concessions du Witwatersrand joint à notre article précité.

(**) La carte n'étant accompagnée d'aucun texte, il nous est impossible de discuter à distance les affirmations de l'auteur.

prennent, paraît-il, des intercalations concordantes de schistes micacés et quartzites à niveaux ferrugineux et supportent en discordance le carbonifère bien horizontal.

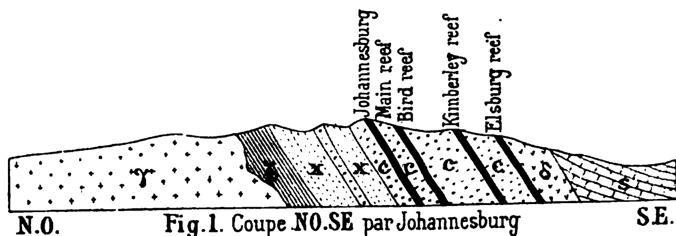


Fig. 1. Coupe NO.SE par Johannesburg

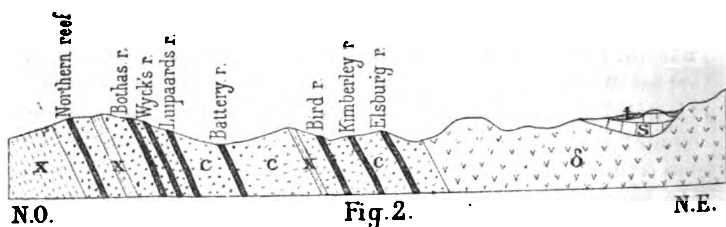
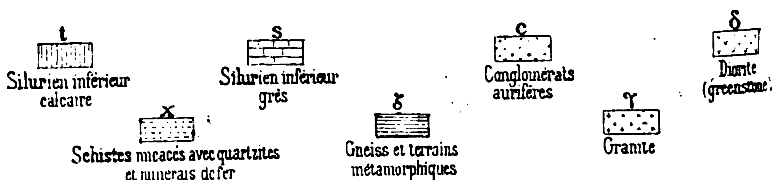


Fig. 2.



Passons maintenant aux tableaux statistiques :

1° *Production des mines d'or du Witwatersrand.* — La production (en kilogrammes d'or) s'est accrue, de 1887 à 1891, dans la proportion suivante :

1887	1888	1889	1890	1891	Total de 1887 à 1891
797k,085	7.156k,572	11.480k,049	15.384k,407	22.672k,857	57.490k,970

L'or ainsi obtenu contenant environ 12 p. 100 d'argent, cette production totale se décompose en réalité comme suit :

Or fin.	56.592k,154 =	173.885.233 fr.
Argent	6.898k,816 =	1.986.859
		175.872.092 fr.

La production mensuelle a été de 350 kilogrammes en janvier 1888; 793 kilogrammes en janvier 1889; 1.088 kilogrammes

en janvier 1890; 1.654 kilogrammes en janvier 1891 ; 2.497 kilogrammes en décembre 1891. En même temps, le nombre des bocards fonctionnant est arrivé en moyenne à 1.700. La quantité de minerais passés aux bocards a été, en 1890, de 711.877 tonnes; en 1891, de 1.082.015 tonnes.

Les revenus que l'État a tirés de l'exploitation des mines ont été de 18 millions en 1889; 12 millions en 1890; 9 millions en 1891. Cette décroissance tient à la diminution du produit venant des permis de recherches.

2° *Rendement à la tonne des différentes couches ou reefs.*

	1888	1889	1890	1891
	gr.	gr.	gr.	gr.
Main reef	33,749	31,870	21,643	17,118
Black reef	39,578	10,909	10,143	14,014
Battery reef	»	3,979	11,031	19,406

Ce tableau met en lumière un appauvrissement rapide du *main reef*, sur lequel sont situées les principales compagnies. La raison en est qu'au début on ne travaillait que les veines minces ou *leaders* de ce main reef, veines beaucoup plus riches dont les teneurs exceptionnelles ont permis de faire monter tout d'abord le cours des actions.

En 1890, le rendement moyen sur le *main reef* a varié de 5gr,78 (Banket Co) à 50gr,194 (Robinson) suivant les veines exploitées.

3° *Tableau par rang d'importance des principales compagnies minières.*

	NOMS DES COMPAGNIES	PRODUCTION EN KILOGR.				DIVIDENDES DÉCLARÉS						VALEUR des actions de 25 fr. à Johannesburg, en déc. 1891
		de 1887 à 1889	1890	1891	Total	1887	1888	1889	1890	1891	Total	
		kilog.	kilog.	kilog	kilog.	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	fr.
1	Robinson	3.184	2.333	2.924	8.441	»	40	25	20	9	94	76,85
2	Langlaagte estate	2 271	1.764	1 600	5.635	»	»	32	15	12	59	70,00
3	Crown reef	1.000	1.166	1.239	3.405	»	18	6	15	50	89	126,25
4	Jumpers	1.170	940	525	2.635	5	5	20	»	»	30	42,00
5	Simmer and Jack	480	661	1.194	2.335	»	»	10	»	30	40	78,10
6	Durban-Roodepoort	557	498	756	1.811	»	»	10	20	30	60	65,60
7	May consolidated	405	407	854	1 666	»	»	»	»	»	»	10,60
8	Meyer and Charlton	514	483	641	1.638	»	20	»	20	60	100	71,25
9	City and suburban	781	406	386	1.573	»	11	42,5	»	»	53,5	62,50
10	Roodeport	141	»	1.440	1.453	»	»	»	»	»	»	»

4° *Question de la main-d'œuvre.*

La main-d'œuvre est assez difficile à recruter au Witwatersrand : non pas les blancs, qui sont accourus en grand nombre de Kimberley après la fermeture de nombreuses mines résultant de la formation du syndicat de Beer's; mais les nègres, que les compagnies se disputent à prix d'or et dont le salaire s'est élevé ainsi de 4 francs à 20 francs par semaine jusqu'en 1890. A ce moment, une entente ayant eu lieu entre les Sociétés, ces salaires se sont abaissés : ils ont été, en décembre 1891, d'environ 61 francs par mois. Actuellement 15.000 noirs sont employés aux mines, dont 58 p. 100 venant des côtes du Mozambique, 19 p. 100 du nord du Transvaal, 12 p. 100 du Basoutoland, 11 p. 100 du Zoulouland et de Natal.

5° *Question des résidus ou tailings.*

Avec les procédés en usage, même dans les compagnies les mieux outillées, comme la Langlaagte Estate ou la Robinson, 30 à 40 p. 100 de l'or associé à des pyrites plus ou moins arsenicales passe aux résidus.

Diverses compagnies spéciales se sont fondées récemment pour le traitement de ces résidus : en particulier, l'African Gold recovery Synd., qui applique le Mac-Arthur Forrest process basé sur l'action dissolvante du cyanure de potassium. Les minerais sont brassés dans des agitateurs mécaniques avec du cyanure; puis la dissolution est précipitée par des copeaux de zinc. En 1891, cette compagnie a produit environ 1.300 kilogrammes d'or correspondant, paraît-il, à 90 p. 100 de l'or contenu.

LÉGISLATION ÉTRANGÈRE

RÉPUBLIQUE DU TRANSVAAL.

Loi et règlements de 1891 *sur l'exploitation des mines.*

Pour la quatrième fois, en six ans, la République du Transvaal vient de modifier la législation sous l'empire de laquelle s'exploitent les mines d'or qui ont joué et jouent un rôle si considérable dans la vie de cette région. Une loi n° 10 de 1891 (*),

(*) Les *Annales* ont reçu, par l'intermédiaire de M. le Ministre des affaires

entrée en vigueur le 1[er] septembre 1891, a remplacé la loi du 15 février 1888 dont il avait été donné dans les *Annales* (8[e] série, t. XV, p. 690) une analyse détaillée. Il semble au premier abord qu'on ait revu et revisé plus que transformé la loi de 1888. En la forme notamment, le législateur du Transvaal, faisant pour cette loi ce que nous pratiquons pour nos codes et nos lois importantes, a scrupuleusement respecté son contexte extérieur et le numérotage de ses articles. La loi de 1891 a ainsi conservé 91 articles qui correspondent exactement aux 91 articles de la loi de 1888, encore qu'un certain nombre d'entre ces derniers soient purement et simplement abrogés, comme cela se présente dans notre loi des mines des 21 avril 1810-27 mai 1866 27 juillet 1880. En réalité, la plupart des modifications touchent aux détails plus qu'au fond du droit, et en tout cas le caractère général de la législation n'est pas altéré; toutefois il est certaines modifications qui ne laissent pas de marquer une évolution considérable; telle est notamment l'abrogation de ce que l'on avait appelé le *jumping* des *claims*, autrement dit la réoccupation par des tiers de mines tombées *de plano* en déchéance pour inexécution du travail annuel obligatoire.

Étant données la forme et la nature des changements législatifs de 1891, nous en rendrons compte par comparaison avec la législation de 1888 dont l'analyse a été antérieurement donnée; nous ne nous arrêterons même que sur les différences qui présentent quelque intérêt et ne constituent pas de simples modifications de rédaction sans portée pratique sérieuse.

La loi (art. 2) ne s'applique toujours (*) qu'aux diamants, rubis, or, et autres métaux précieux ou pierres précieuses qui seraient ultérieurement désignés par le gouvernement. Même distinction fondamentale qu'en 1888 entre les recherches et exploitations dans les *périmètres miniers déclarés publics* (*publicke delverijen*) et celles faites, hors de ces périmètres, dans les propriétés ou fermes restées entièrement, au point de vue minier, à la disposition de leurs propriétaires.

étrangères, le texte original et la traduction de cette loi, dues à l'obligeance attentive de M. le Vice-Consul de France, à Prétoria, M Aubert, à qui les *Annales* et l'administration sont déjà redevables de communications si nombreuses et si complètes sur tout ce qui touche l'industrie aurifère du Transvaal.

(*) A la suite de l'analyse de la loi n° 10 de 1891 nous donnerons l'analyse d'actes rendus par le gouvernement, en 1891, pour l'exploitation de certaines autres substances minérales.

Dans ce second cas, mêmes règles essentielles en faveur du propriétaire superficiaire ou de son cessionnaire, soit pour les recherches, soit pour l'exploitation par bail minier ou *mijnpachtbrief*. Toutefois, l'article 7 exige en plus désormais que l'on donne avis à l'administration de l'ouverture des recherches et des découvertes qu'elles peuvent amener. La durée originaire du bail minier reste de cinq à vingt ans (art. 22); mais cet article prévoit explicitement maintenant un droit de renouvellement pour une seconde période de vingt ans au plus (*). C'est désormais la loi elle-même (art. 22) et non une de ses annexes (le modèle de *mijnpachtbrief*) qui spécifie la résiliation en cas de non-paiement des redevances dues à l'État.

Sans que la loi de 1891 soit franchement plus explicite que celle de 1888 pour la définition de la nature juridique du droit constitué par un *mijnpachtbrief*, diverses clauses indiquent indirectement mais nettement qu'il s'agit d'un droit qui doit être considéré comme immobilier ou mieux d'un bien réputé immeuble. Telles sont notamment les dispositions nouvelles formant l'article 23 *a* (**), aux termes duquel les cessions de baux miniers sont assimilées à des cessions d'immeubles, et surtout l'article 52 *f* sur les hypothèques.

Aucune autre innovation de quelque intérêt à signaler en ce qui concerne les exploitations par *mijnpachtbrief* hors des *périmètres miniers publics*.

En ce qui concerne le second mode d'exploitation, c'est-à-dire l'exploitation par *claims* à la suite d'une proclamation de périmètre minier, notons tout d'abord que, d'après l'article 19, qui a été modifié, lorsque le gouvernement veut user de son droit de proclamation ou d'ouverture de terrains au public, le propriétaire, qui jadis n'avait plus que le droit de réclamer, dans son rang de préférence, ses *claims* de propriétaire, les *eigenaars*

(*) Il paraît résulter nettement, quoique implicitement, de la loi de 1891 que le bail minier doit définitivement cesser après cette seconde prolongation; mais la loi ne dit pas explicitement les situations respectives ou les droits qu'auront respectivement à ce moment le propriéteire ou le détenteur du bail et le gouvernement; la solution est d'autant plus délicate et peut d'autant moins se préjuger à l'avance que, dans le système essentiel de la loi, on exploite nécessairement par *mijnpachtbrief* ou par *claims* dans des *périmètres miniers publics proclamés*.

(**) Lorsque des dispositions spéciales forment l'objet d'articles nouveaux on les accole à l'article ancien auquel ils se rattachent le plus naturellement, en en formant des paragraphes spéciaux désignés par le numéro de l'article, complété en indice par une lettre prise dans l'ordre de l'alphabet.

claims, peut aujourd'hui prétendre, avant tous autres, puisqu'il peut y prétendre avant la proclamation (*), à un *mijnpachtbrief* qui ne doit toutefois pas comprendre plus du dixième de la superficie de la ferme ou de la propriété à proclamer, et dont la largeur doit être à la longueur dans le rapport de 1 à 2 au plus.

En ce qui concerne la dimension des *claims*, la nouvelle loi (art. 63) distingue désormais deux *claims* d'alluvion : celui pour métaux précieux, qui reste de 150 sur 150 pieds (45m sur 45m) comme l'ancien *claim* unique d'alluvion ; et le nouveau, pour pierres précieuses, qui n'aura que 30 sur 30 pieds (9m sur 9m).

Les règles sur l'appropriation et la jouissance des *claims* ne présentent qu'une seule autre différence, mais elle est capitale ; c'est celle ci-dessus stipulée sur le *jumping* des *claims*. Le droit minier du Transvaal a subi là une évolution considérable, de même ordre et de même nature que celle introduite pendant la seconde moitié de ce siècle dans la législation de l'Espagne et de la plupart des États hispano-américains.

La loi de 1891 du Transvaal abroge, en effet, le *jumping* des *claims*, comme a été abrogé dans le droit espagnol moderne le *denuncio* des *pertenencias*, c'est-à-dire qu'on abroge cette déchéance, et déchéance pure et simple, à laquelle était exposé l'exploitant qui n'avait pas exécuté un travail annuel minimum, et ce en faveur du tiers dénonciateur, ou même, comme au Transvaal, en faveur du premier occupant, qui pouvait *de plano* se substituer à l'exploitant ayant contrevenu à cette règle draconienne. La loi du Transvaal, comme de nos jours la loi espagnole (**) et les lois hispano-américaines, s'écartant sur ce point des droits miniers modernes de France et d'Allemagne, ne prévoit plus la déchéance que pour le non-payement des redevances ou taxes dues à l'État. La propriété minière déchue fait alors retour à l'État qui la vend aux enchères, à son profit (art. 22 pour les *mijnpachtbrieven* et 61 *b* pour les *claims*), sans que la loi ait rien spécifié explicitement sur les droits des tiers créanciers de l'exploitant, sauf dans le cas, comme il va être dit, des *claims* enregistrés.

(*) Mais il semble qu'il y ait là pour lui une simple faculté soumise à l'assentiment du gouvernement plus qu'un droit.

(**) Une loi récente de 1888 a bien introduit dans le droit minier espagnol la déchéance de notre loi du 27 avril 1838 pour le non paiement des taxes dues à un syndicat d'assèchement; mais cette déchéance est au fond de même ordre que celle pour le non paiement des redevances dues à l'État; elle laisse entier le principe réputé fondamental de la liberté économique de l'exploitant.

De même que la loi de 1888 avait prévu la possibilité d'obtenir de l'administration une protection contre le *jumping* par des permis de chômage accordés dans des circonstances exceptionnelles, de même la loi de 1891 prévoit (art. 57 et 58) en pareilles circonstances l'octroi de délais, voire même de remises complètes. Aussi bien, autre chose sera toujours une déchéance, qui dépend seulement d'un tiers comme dans le *jumping* d'Australie ou d'Amérique, et celle qui ne peut résulter que d'une décision de l'administration, alors même que cette décision ne serait pas facultative comme la déchéance du droit minier français, mais obligatoire, au moins en apparence, comme dans nombre de législations modernes en cas de non-payement des redevances.

Une autre innovation conçue dans le même ordre d'idées consiste dans le système de l'enregistrement d'un *claim* ou d'un groupe de *claims* de 12 au plus fusionnés ensemble (*). Par le fait de cet enregistrement, que règle l'article 52, et auquel l'administration ne procède qu'après enquête et s'il n'y a pas d'opposition, le *claim* ou le groupe de *claims* devient une vraie propriété immobilière, susceptible d'hypothèques, dont l'administration peut bien encore provoquer la déchéance en cas de non-payement des impôts, et peut ensuite vendre aux enchères, mais sans retour à l'État, et au bénéfice au contraire de qui de droit, l'État étant simplement privilégié pour le recouvrement de ce qui lui est dû.

Une dernière innovation à signaler consiste dans la suppression de ces *Comités de mineurs*, empruntés à la législation australienne, nommés à l'élection par les intéressés et qui intervenaient d'une façon active et suivie dans l'application de la loi; la surveillance et l'exécution de la loi seront désormais confiées à des commissaires dépendant exclusivement de l'Administration qui les nomme.

Il reste à indiquer, parmi les modifications d'ordre plus secondaire, les diverses et nombreuses dispositions nouvelles, destinées à assurer davantage l'arpentage et le bornage des propriétés minières et le levé exact de leurs plans de surface; ce sont là des nécessités particulièrement importantes avec le morcellement auquel conduisent des *claims* d'aussi petites

(*) La loi de 1888 se bornait à prévoir l'amalgation de plusieurs *claims*, au nombre maximum de douze, au point de vue de la clause du travail minimum obligatoire qui s'appliquait à l'ensemble du groupe régulièrement enregistré et non pas contre chaque *claim* pris isolément.

dimensions; et ces nécessités sont d'autant plus difficiles à satisfaire que l'on est dans des pays déserts présentant moins de points de repère commodes.

Hors les diverses questions qui viennent d'être indiquées, la loi de 1891 reproduit celle de 1888; elle a notamment conservé le même système et la même lourdeur d'impôts, lesquels sont essentiellement des taxes fixes, sans relation avec la production et encore moins avec le produit net; ces impôts, fixés à tant par *claim* ou par mineur occupé, d'un recouvrement singulièrement facile, ne laissent pas, on le sait, d'être fort rémunérateurs pour le gouvernement. De 1887 à 1891, abstraction faite des remises consenties en faveur des propriétaires superficiaires, ils ont produit de 2.100.000 francs au minimum en 1891, à 8.400.000 francs en 1869; si l'on retranche cette année 1869 qui fut exceptionnelle, le maximum a été de 4.400.000 francs en 1888. Bien qu'ils rendent aujourd'hui moins que jamais, ils représentent encore de 2 1/2 à 3 p. 100 du produit brut, et il ne s'agit là que des impôts directs sur les mines, comparables à nos redevances, sans parler de tous autres impôts indirects, tels que droits de douane, de transfert, etc., auxquels l'industrie extractive est assujettie et dont le total serait quadruple de la somme ci-dessus indiquée.

Abstraction faite de ce qui concerne ces impôts dont la base pourrait être discutée, qui, excellents dans la période fiévreuse des recherches, peuvent être moins appropriés à la période d'une exploitation normale, l'enseignement que donne l'évolution subie par la législation minière du Transvaal n'a peut-être que plus d'intérêt pour venir d'un tel pays. On est parti d'une sorte d'anarchie législative, de ces coutumes rudimentaires établies dans les camps de mineurs sous la seule sanction du revolver; et, en renonçant au *jumping* des *claims*, en consacrant la propriété immobilière de droit commun du *claim* enregistré, en remplaçant les comités de mineurs pour la surveillance de la loi par des fonctionnaires du gouvernement, on en arrive à ce même type vers lequel tendent de plus en plus toutes les législations modernes et qui se résume dans le principe de la liberté économique la plus entière laissée à l'exploitant; c'est le principe de la *Bergbaufreiheit* auquel a abouti le droit minier allemand moderne en évoluant à partir de l'extrême opposé, de la notion d'une industrie d'État entendue de la façon la plus étroite. Cette rencontre sur le même terrain, en partant d'origines si différentes, dans des pays si divers, est certes de nature à donner confiance à ceux qui ont toujours cru que le fondement de la meilleure

législation minière devait être cherché dans le respect de la propriété complète et de la liberté économique entière de l'exploitant. Les programmes socialistes qui s'agitent en ce moment dans tous les pays sont-ils de nature à amener des modifications dans ces idées qui paraissaient partout devoir l'emporter? C'est là un problème bien délicat à tous égards, et qu'il serait tout au moins inopportun de traiter à l'occasion du Transvaal.

Pour en revenir à ce pays, il nous faut mentionner deux autres actes rendus en 1891.

Le premier est une disposition additionnelle à la loi, qui a pour objet l'exploitation de l'argent et du mercure. Si ces substances sont découvertes dans une propriété privée, le propriétaire ne peut les exploiter qu'après s'être muni d'un bail minier, à l'occasion duquel le gouvernement pourra percevoir 2 1/2 p. 100 du produit brut extrait.

Si la découverte est faite dans des terrains proclamés, c'est-à-dire ouverts au public, — qu'ils soient domaniaux ou de propriété privée, — toute personne de race blanche qui en fait la demande au fonctionnaire compétent peut obtenir l'autorisation de prendre possession de 12 *claims* de la dimension des *claims* de filon et de les exploiter moyennant une redevance de 2 1/2 p. 100 du produit brut, dont moitié, s'il y a lieu, en faveur du propriétaire du sol.

D'après le second acte, rendu par le gouvernement le 22 août 1891, s'il existe, dans des terrains proclamés, des gîtes de houille, d'asbeste, d'aluminium, de cobalt, de phosphate, de plomb, de cuivre, d'étain, de soufre ou d'autres matières minérales non assujetties à la loi sur les métaux précieux, le commissaire des mines peut autoriser toute personne qui s'est entendue avec le propriétaire du sol, sous telles conditions qu'il plaira à celui-ci, à exploiter une substance, déterminée dans le permis, moyennant une redevance de 5 *shellings* (6f,25) par mois et par *claim* de 150 pieds sur 400 pieds (185f par hectare et par an), dont moitié à reverser au propriétaire de la surface.

L. A.

ÉTAT ACTUEL
DE L'INDUSTRIE DU NAPHTE
DANS LA PRESQU'ILE D'APSCHÉRON

Par M. A. LEPROUX, Ingénieur des mines.

L'industrie du naphte au Caucase a pris dans ces dernières années un développement considérable, justifié à la fois par l'abondance et la richesse des gisements, et par les applications toujours croissantes des produits. Les perfectionnements apportés au raffinage ont permis d'étendre beaucoup l'emploi des huiles d'éclairage. Les huiles minérales ont à peu près complètement remplacé les composés organiques pour le graissage des machines. Enfin et surtout l'emploi des résidus comme combustible a pris en Russie une telle extension, que ces produits sont aujourd'hui aussi indispensables à la vie industrielle des régions du Sud-Est, que la houille l'est en France.

Il nous a donc semblé intéressant de réunir ici quelques notes sur la situation industrielle et commerciale de Bakou, en joignant à cette étude certains détails sur l'utilisation des résidus de distillation (ou mazout) pour le chauffage des appareils à vapeur.

Nous diviserons cette étude de la manière suivante :

Chapitre I. — Histoire du développement de Bakou jusqu'à l'époque actuelle.

Chapitre II. — Conditions et procédé d'exploitation.

Chapitre III. — Traitement du naphte; emploi du

mazout pour la fabrication des huiles de graissage et pour le chauffage des appareils à vapeur.

Chapitre IV. — Prix de revient; transports; impôts, etc. Situation commerciale de Bakou.

CHAPITRE I.

HISTOIRE DU DÉVELOPPEMENT DE BAKOU JUSQU'A L'ÉPOQUE ACTUELLE.

On sait que les sources de gaz combustibles de la presqu'île d'Apschéron sont connues depuis la plus haute antiquité. Sans remonter jusqu'aux Guèbres et aux Parsis, nous rappellerons que, dès le Xe siècle, au dire de Marco Polo, le naphte faisait déjà l'objet d'un commerce important. Au XVIIIe siècle, les voyageurs anglais en quête d'une route vers l'Inde parlent avec admiration de cette industrie, qui produisait, vers l'année 1800, de 1.500 à 2.000 tonnes par an.

L'annexion définitive de Bakou à la Russie, en 1801, fut suivie de l'établissement d'un monopole que le gouvernement russe octroyait à des particuliers, moyennant le paiement d'une redevance proportionnelle. Sous ce régime, qui dura jusqu'en 1872, la production du pétrole augmenta d'une façon lente, mais continue. Elle atteignait 25.000 tonnes en 1872.

La suppression du monopole, et l'abolition progressive des impôts nommés droits d'accise, complètement consommée en 1878, fit monter peu à peu la production jusqu'à 333.000 tonnes.

L'encombrement résultant de la surproduction et du manque de moyens de transport commençait à se faire sentir à cette époque. Mais en 1884, la ligne du chemin de fer de Bakou à Tiflis fut livrée au commerce, assurant ainsi les communications entre la mer Caspienne et la

mer Noire. La production reprit alors un nouvel essor, pour dépasser 2 millions de tonnes en 1887, et atteindre 3 millions en 1888, malgré le rétablissement de droits d'accise très élevés.

Aujourd'hui, la production subit un arrêt dont les causes seront examinées plus loin, mais qui tient principalement à l'encombrement. On peut affirmer en tous cas que cet arrêt n'est pas dû à l'appauvrissement des gîtes.

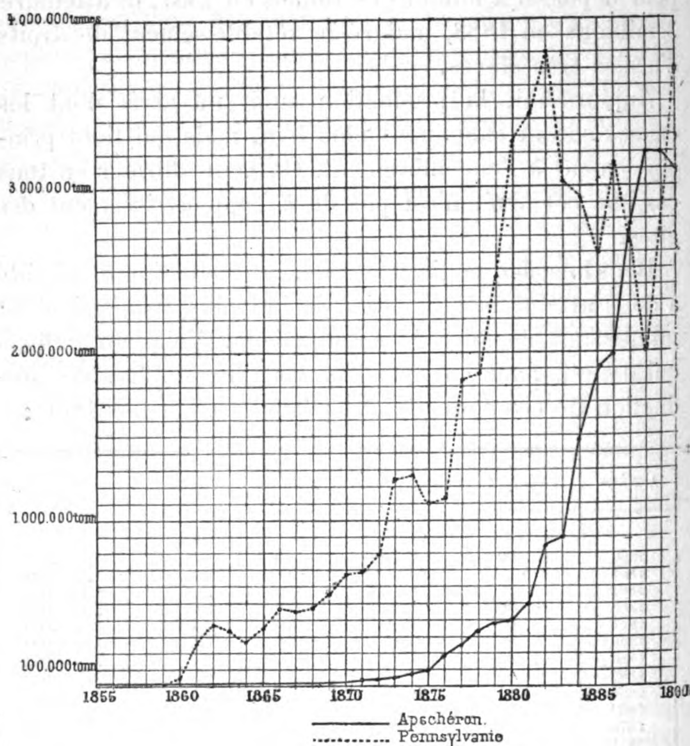
Dans l'espace de vingt années, la production du naphte a donc atteint la production de la Pennsylvanie. Il était intéressant de faire la comparaison. Voici un tableau qui donne, avec quelques lacunes, les chiffres de production de ces deux régions pétrolifères depuis 1860 :

ANNÉES	CAUCASE	PENNSYLVANIE	ANNÉES	CAUCASE	PENNSYLVANIE
	tonnes	tonnes		tonnes	tonnes
1860	5.400	25.000 (1)	1876	195.000	1.112.000
1861	»	250.000	1877	250.000	1.837.000
1862	»	381.000	1878	333.000	1.887.000
1863	5.000	326.000	1879	380.000	2.462.000
1864	8.700	266.000	1880	400.000	3.250.000
1865	8.900	340.000	1881	660.000	3.412.000
1866	11.100	466.000	1882	833.000	3.800.000
1867	16.100	447.000	1883	900.000	3.025.000
1868	11.900	464.000	1884	1.480.000	2.912.000
1869	27.100	543.000	1885	1.916.000	2.600.000
1870	27.500	671.000	1886	1.980.000	3.125.000
1871	22.800	691.000	1887	2.750.000	2.650.000
1872	24.800	794.000	1888	3.200.000	2.012.000 (2)
1873	65.000	1.241.000	1889	3.200.000	»
1874	80.000	1.250.000	1890	3.000.000 (?)	3.638.000
1875	95.000	1.100.000			

(*) Nous avons compté 8 barils à la tonne (le baril tient 150 à 160 litres).

(**) En Pennsylvanie comme à Bakou, il faut bien se garder de conclure d'un abaissement de la production à l'appauvrissement des gîtes. Dans ces deux régions, il y a en réalité encore bien des terrains pétrolifères, et l'épuisement des régions connues est largement compensé par la découverte de nouveaux champs d'exploitation. Les raisons de ces variations sont absolument commerciales. En Pennsylvanie, il faut les chercher actuellement dans la lutte des producteurs indépendants contre la Standard oil Company.

Ces chiffres sont traduits par le graphique ci-dessous :



On voit que les productions actuelles des deux pays sont, en apparence du moins, très comparables. Nous disons : en apparence, parce que la richesse des naphtes des deux provenances n'est pas la même. Tandis que les naphtes de Pennsylvanie fournissent 70 à 80 p. 100 d'huiles lampantes, ceux de Bakou n'en fournissent que 30 p. 100; et ce sont les plus légers du Caucase, abstraction faite de ceux de la presqu'île de Tamansk.

Le régime de la propriété des terrains a varié depuis a conquête. Jusqu'en 1872, l'État était seul propriétaire et concédait, comme nous l'avons dit, un monopole. En

1872, lors de la suppression de ce monopole, on mit en adjudication un certain nombre de lots de 50 hectares chacun, qui devinrent la propriété des acquéreurs. Ces lots étaient d'ailleurs très loin de constituer la totalité des terrains exploitables. Depuis lors, le gouvernement n'a plus eu recours à ce système. Il a donné quelques lots de terrains, comme récompense, à des généraux qui s'étaient distingués pendant la guerre du Caucase, avec le droit de les revendre; en outre, il a donné des concessions, à charge d'exécuter des travaux dans un délai de deux années, et de payer une redevance. Cette dernière catégorie de terrains est très restreinte, et aujourd'hui on peut diviser ces terrains, au point de vue de la propriété, en trois catégories, savoir :

1° Terrains achetés à l'État, ou reçus à titre gratuit, par des particuliers, qui les ont ensuite gardés, loués ou vendus;

2° Terrains appartenant à certaines communautés, villages, etc., loués de gré à gré par les exploitants;

3° Terrains appartenant à l'État, dont une très faible partie est concédée.

Pour ce qui touche cette troisième catégorie, l'État détient encore aujourd'hui la plupart des terrains qui lui appartiennent, sans en permettre l'exploitation. On donne comme raison la crainte de la surproduction.

On peut estimer à 50 p. 100 environ de la superficie totale des terrains naphtifères, la partie qui est concédée ou qui appartient en toute propriété aux particuliers. Ces terrains sont encore loin d'être épuisés; mais l'exploitation y est maintenant assez active pour que leur appauvrissement ne soit plus que l'affaire de quelques années. Il restera alors aux exploitants l'autre moitié, que l'État détient encore, sans compter les très nombreux gisements du reste du Caucase, du Turkestan et de la Boukharie, gisements qui ont le seul tort de donner pour la plupart

un naphte assez lourd, et partant, assez peu rémunérateur.

CHAPITRE II.

CONDITIONS ET PROCÉDÉS D'EXPLOITATION.

La presqu'île d'Apschéron est formée par deux séries de couches tertiaires : à la base, les couches pétrolifères formées de sables et de marnes ; et au-dessus, les couches aralo-caspiennes. Ces couches sont disloquées suivant deux directions principales, N.-E. et N.-O. Il en résulte des vallées et des lignes d'élévation d'ailleurs assez peu importantes ; ces lignes, formées par des plis anticlinaux, se recoupent en des points qui sont comme les nœuds d'un réseau et qui parfois sont le siège de manifestations violentes (volcans de boue). Tout ce système orographique est d'ailleurs un peu modifié par les érosions, les formations de lacs, les sables volants et les produits boueux des éruptions citées plus haut.

Les couches aralo-caspiennes se composent de calcaires durs et d'argile. Leur épaisseur est considérable : elle dépasse 600 mètres aux environs de Balakhany et de Binagadine, et augmente lorsqu'on s'éloigne vers le Sud.

Les couches de naphte ne sont pas reconnues sur toute leur épaisseur. On les connaît sur 700 mètres environ à Balakhany et à Binagadine. Elles se composent principalement de sables friables, alternant avec quelques couches de grès ; les rapports des épaisseurs étant les suivants :

Grès	51,50	100,00
Grès argileux	25,70	
Argiles et sables	22,80	

Voici d'ailleurs un exemple plus précis : c'est une

coupe prise à Binagadine, à l'ouest de Balakhany (de bas en haut) :

a)	Marnes argileuses avec sables.	40^m,00
b)	Sables quartzeux avec argile.	85 ,00
b')	Autre couche analogue.	87 ,00
c)	Sables quartzeux avec grès.	54 ,50
d)	Marnes.	33 ,00
e)	Sables quartzeux grossiers.	36 ,00
f)	Sables boulants avec argiles et grès.	30 ,50
g)	Autres sables boulants sans argiles.	30 ,00
f')	Comme *f*.	22 ,00
g')	Comme *g*, avec quelques couches de marnes.	96 ,50
h)	Sables friables avec argiles	70 ,20
i)	Marnes avec sables boulants argileux. . . .	115 ,30
		700^m,00

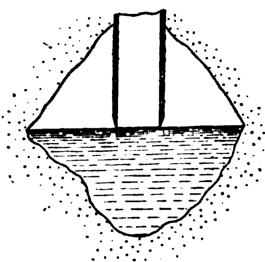
On voit que l'on n'est pas en présence ici, comme en Pennsylvanie, de roches dures, et que les difficultés d'exploitation viendront bien plutôt du peu de consistance des couches. C'est en effet ce qui a lieu. Les puits sont continuellement obstrués par les venues de sable ; les fontaines jaillissantes en projettent des quantités considérables, et l'emploi de la torpille pour renouveler les puits est absolument impraticable.

Les principaux centres d'exploitation du naphte dans l'Apschéron sont : Sourakhane, à 10 kilomètres environ au N.-E. de Bakou ; c'est l'emplacement le plus anciennement connu et exploité, et il commence à s'épuiser; Balakhany-Sabountchi, à 8 kilomètres au nord de Bakou : c'est la région la plus activement fouillée aujourd'hui; Bibi-Aïbad, au sud de Bakou, derrière le faubourg de Baïloff. Citons en outre les exploitations de Binagadine, à l'ouest de Balakhany, qui sont en voie de développement.

La première question qui se pose, étant donné un terrain naphtifère, c'est le choix de l'emplacement du puits.

Il est regrettable de constater que ce choix est guidé par des considérations bien peu recommandables et bien peu logiques. En réalité on ne sait pas, dans l'état actuel des connaissances, pour quelle raison tel puits est plus abondant que tel autre. Or, les différences, au point de vue de la production, sont considérables. Tel puits donne à peine de quoi payer les frais d'exploitation; un autre au contraire est jaillissant et donne par jour des milliers de tonnes; et quelquefois ces deux puits si peu semblables sont situés à quelques mètres l'un de l'autre. Et la chose peut se comprendre assez aisément. Le jaillissement tient très probablement, non pas à la pression hydraulique, non pas à la pression du sol, mais uniquement à la pression des gaz dissous dans le naphte. Ceci posé, le jaillissement est produit certainement par suite de la formation d'une sorte de cloche au-dessus du point d'arrivée du tubage, circonstance tout à fait locale et purement accidentelle, impossible à prévoir lors du choix de l'emplacement.

Ce fait est presque évident lorsqu'on examine de près ce qui se passe dans les jaillissements intermittents. Après le jaillissement, on entend au fond du tube un bouillonnement léger, mais continu, et il se dégage de grandes quantités de gaz. Peu à peu le bouillement cesse d'être continu et devient saccadé; il se produit comme des bulles de moins en moins fréquentes, de plus en plus volumineuses, qui soulèvent le naphte de plus en plus haut dans le tubage, jusqu'au moment où, le niveau du naphte dans la cavité venant à monter subitement par suite d'un éboulement ou de toute autre cause, la quantité de naphte est suffisante pour que toute la colonne se trouve remplie



et déborde. Le fait d'un éboulement final est d'ailleurs assez vraisemblable, vu les soubresauts qui se produisent quand les bulles deviennent moins fréquentes, et il est confirmé par la présence de très grandes quantités de sable dans le naphte projeté.

Les conditions nécessaires au jaillissement (à part la pression des gaz, sur les variations de laquelle on ne sait pas grand'chose de précis) sont donc tout à fait indépendantes du choix de l'emplacement. Quant à l'abondance du naphte, on sait seulement qu'elle va en augmentant avec la profondeur; qu'elle est plus grande aux point où la couche a été pincée et comprimée; qu'elle est généralement très faible aux points où les couches sont fissurées, parce que le naphte est parti par les fissures; qu'enfin elle est très irrégulière.

L'absence à peu près complète d'idées précises fait que, pour le choix des emplacements, on se borne à se placer le plus près possible d'un puits jaillissant, ou au moins d'un puits riche. Inutile d'ajouter que ce raisonnement est d'ailleurs des plus discutables.

Quoi qu'il en soit, une fois qu'on a choisi la place, on opère le sondage, généralement à la tige. L'outillage adopté est généralement le même que celui que l'on emploie en France pour les recherches de mines; nous ne nous attarderons pas à décrire l'outillage, qui n'a rien de spécial et a d'ailleurs été décrit dans le *Journal des Mines* de Saint-Pétersbourg. Il se compose de trépans, d'appareils de curage, et d'un jeu de tiges en fer à section carrée.

Le sondage à la corde, tel qu'il a été employé aux États-Unis, n'a pas réussi jusqu'à ce jour à Bakou. Le manque d'homogénéité des couches et leur friabilité font que l'on est dans l'absolue nécessité d'avoir un système rigide, et d'être, en un mot, plus maître de la direction du trépan qu'on ne l'est avec les procédés de sondage à la corde. Les quelques essais que l'on a faits ont donné le même avancement et le même prix de revient qu'avec

les tiges, et l'opération a semblé présenter plus de difficultés.

Le diamètre varie de 0m,20 à 0m,60. On débute généralement avec ce dernier diamètre, après avoir creusé un avant-puits, carré, boisé sur 3 ou 4 mètres de profondeur. On rétrécit le trou de sonde à mesure que la profondeur augmente, et on tube sur toute la hauteur, en laissant descendre des tubes jusqu'à ce qu'ils s'arrêtent, et employant un diamètre plus faible dès que cet arrêt se produit. On pousse le sondage aussi profondément que possible; mais rarement au delà de 300 mètres, car les frais augmentent considérablement avec la profondeur.

Le prix d'une installation complète est d'environ 30.000 roubles (80.000 francs) (*), en y comprenant l'amortissement à 25 p. 100 de tout le matériel de sondage, estimé à 5.000 roubles (13.000 francs). Ce prix de 30.000 roubles comprend les frais de sondage jusqu'à 250 mètres environ. On peut compter par conséquent pour le prix de revient du mètre courant, tout compris, environ 320 francs. Voici d'ailleurs les éléments qui permettent d'établir le prix de revient pour toute profondeur :

	Roubles.
Construction du baraquement et du derrick.	1.000
Amortissement de l'outillage, environ.	1.250
Forage à l'entreprise : jusqu'à 100 sagènes (1 sag. = 2m,13), 75 roubles par sagène; au delà, 10 roubles de plus par sagène pour chaque 10 sagènes, soit pour 250 mètres ou 120 sagènes	9.300
Tubage : les tubes employés ont des diamètres variant de 8 à 24 pouces, c'est-à-dire de 0m,20 à 0m,60; leurs épaisseur sont de 3/16, 4/16 et 5/16 de pouce (5mm, 6mm,5, 8mm). Leur prix est de 3 roubles le poud (16kg), c'est-à-dire 0f,50 le kilogramme. Le prix du tubage varie beaucoup suivant les circonstances; on peut compter pour 250 mètres.	12.000
	23.550

(*) Nous comptons le rouble à 2f,66, cours moyen pendant les mois d'été de 1891.

En joignant à ces 23.550 roubles le prix de la vapeur employée et les salaires des mécaniciens pendant la durée du fonçage, on arrive à peu près à 30.000 roubles.

La main-d'œuvre du forage proprement dit comprend les éléments suivants :

	Roubles.
8 ouvriers (4 par poste de 12 heures), au mois.	15 à 16 par mois
2 ouvriers habiles (1 par poste).	25
1 chef sondeur.	100 à 150

Ces ouvriers sont d'ailleurs employés à l'entreprise, à forfait.

L'avancement moyen est d'environ 1^{m},50 par 24 heures, soit une durée totale d'environ 6 mois pour le fonçage.

La force de la machine employée pour le battage et le curage est environ 10 chevaux.

Lorsque les circonstances sont telles que le puits doive donner lieu à un jaillissement, il se produit d'abord une violente sortie de gaz, bientôt suivie par le naphte, mélangé de sable. La pression des gaz atteint parfois jusqu'à 20 atmosphères, et il est des cas où non seulement le trépan avec les tiges a été projeté, mais même où la colonne de tubes a été soulevée et faussée par le courant, ce qui a produit parfois l'obstruction complète et la perte du sondage.

En raison de ces pressions considérables, on a très rarement employé, à Bakou, les dispositifs perfectionnés de captage usités en Pennsylvanie. Aussi le naphte résultant de ces jaillissements est-il en grande partie perdu, si l'on n'a pas eu soin de creuser préalablement aux environs du puits des réservoirs considérables, où d'ailleurs le naphte se rend comme il peut, par des rigoles creusées dans le sol.

Il arrive même, parfois, que ces jaillissements, au lieu d'être une cause de richesse, sont une cause de ruine,

par suite des dégâts énormes que peut produire dans une exploitation cette sorte de violente inondation.

Lorsque la profondeur est telle que l'on doive arrêter le fonçage, sans que le jaillissement se soit produit, on doit exploiter le naphte comme toute autre matière, c'est-à-dire l'extraire. On emploie pour cela des cuillers cylindriques munies à leur base d'un clapet, et dont la capacité est très variable suivant le diamètre du tubage. Ces cuillers sont supendues à l'extrémité d'un mince câble d'acier, on les descend au fond du puits, et on les remonte remplies de naphte. Il faut d'ailleurs de temps en temps procéder à un curage, pour parer à l'obstruction par les venues de sable.

Les frais de cette extraction (consommation de vapeur et main-d'œuvre), sont de 6 à 8 roubles (16 à 20 francs) par jour. On continue donc à travailler dans un puits tant que le rendement est suffisant pour payer les frais, ce qui dépend à la fois de la productivité du puits, et du cours, très variable d'ailleurs, du naphte brut. Actuellement il suffit d'une production de 6 à 7 tonnes par 24 heures pour que l'on continue à extraire.

La richesse des puits est extrêmement variable, depuis le fonçage absolument stérile, jusqu'à la fontaine jaillissante qui donne des millions d'hectolitres par jour. Le prix de revient du naphte brut n'est donc pas aisé à établir; il varie suivant les puits, de zéro à l'infini.

Si cependant nous considérons l'ensemble des puits de Balakhany, par exemple, on peut dire que leur production moyenne a été depuis quelques années de 50 tonnes par 24 heures.

CHAPITRE III.

TRAITEMENT DU NAPHTE ; EMPLOI DU MAZOUT POUR LA FABRICATION DES HUILES DE GRAISSAGE, ET POUR LE CHAUFFAGE DES APPAREILS A VAPEUR.

Tout le naphte brut est traité à Bakou, dans le vaste faubourg appelé Ville-Noire, situé au nord de la ville, et comprenant plus de 150 usines, dont quelques-unes, celles des frères Nobel en particulier, sont elles-mêmes de véritables cités industrielles.

Il y a dix ans, le transport des puits aux usines se faisait encore à dos de chameau. Aujourd'hui, il n'est naturellement plus question de ce procédé ; tout le naphte est envoyé à la Ville-Noire, soit par pipelines, soit par bateaux, lorsque, comme à Bibi-Aïbad, les puits sont situés au bord de la mer.

Les distances des puits aux usines varient de 8 à 12 kilomètres.

Une installation de pipeline pour une semblable distance comprend une station de pompes et des réservoirs aux deux extrémités de la ligne de tuyaux.

Les pompes sont généralement du système Worthington, ou d'un système analogue.

Les réservoirs sont en tôle mince, rivée, d'un type bien connu. Leur prix peut être calculé d'après la base suivante : 40 à 50 kopeks (1f,10 à 1f,30) pour 100 kilogrammes de naphte à emmagasiner.

Les tuyaux sont en fer (la fonte donnerait une résistance beaucoup trop considérable au passage du naphte, surtout en hiver).

Voici les frais approximatifs d'une installation devant pomper 50.000 pouds (800 tonnes) en 24 heures, de Balakhany à Bakou-Ville-Noire (10 kilomètres environ) avec

60 mètres de différence de niveau, favorable à l'écoulement) :

	Roubles.
Deux réservoirs de 250.000 pouds chaque (4.000 tonnes).	45.000
Conduite, en tuyau de 4 pouces anglais	52.000
Pompes.	6.000
Chaudière pour 80 chevaux	8.000
Divers.	9.000
En tout.	120.000

c'est-à-dire, au cours actuel, 320.000 francs.

Les installations de pompage ne seraient pas indispensables à la rigueur, le naphte pouvant couler tout seul; mais il coulerait trop lentement, ou bien il faudrait avoir des tuyaux trop larges.

Les tuyaux reposent simplement sur le sable, sans intermédiaire; ils sont assemblés par emboîtement. Il arrive parfois qu'ils crèvent par suite des coups de bélier.

Voici le prix des principaux modèles de tuyaux en fer, fournis presque exclusivement par la maison Tillmans and C°, de Bakou :

				Roubles.
Diamètre	1/4	pouce anglais,	le pied.	0,06
—	3/8	—	—	0,08
—	1/2	—	—	0,14
—	3/4	—	—	0,17
—	1	—	—	0,24
—	1 1/4	—	—	0,35
—	1 1/2	—	—	0,45
—	2	—	—	0,55
—	2 1/2	—	—	0,77
—	3	—	—	1,00
—	4	—	—	1,50
—	5	—	—	1,90
—	6	—	—	2,50

Les frais de pose varient aux environs de $0^{R},20$ ($0^{f},55$) le mètre courant.

Le prix de revient du transport peut s'établir comme suit : par poud (16 kilogrammes) :

	r.
Amortissement de l'installation en dix ans.	0,000 70
Combustible pour 80 chevaux, 50 kilogrammes de résidus à l'heure, à 0$^{roub.}$,04, soit par poud pompé . . .	0,000 05
Main-d'œuvre.	0,000 10
Divers.	0,000 05
Total.	0,000 90

soit environ 0^r,001, dont il faut grever le prix du naphte brut.

Les installations de pipelines appartiennent pour la plupart aux exploitants; chacun a la sienne, ou à peu près. Il ne s'est pas fondé, comme en Pennsylvanie, de compagnies uniquement occupées au transport des pétroles par tuyaux, comme la Tide Water Pipe Company ou la National Transit Company. Il faut reconnaître d'ailleurs que les transports sont, en somme, très peu de chose, les usines étant seulement à quelques kilomètres des puits. Il n'existe pas non plus (et il est permis de le regretter) de société qui, comme la seconde des compagnies citées, s'occupe, en même temps que du transport, de l'emmagasinage du pétrole brut, sous forme de dépôts, dans des réservoirs communs, ces dépôts étant représentés par des papiers qui se négocient, donnant lieu à des transports et autres opérations de banque, dans lesquelles le pétrole est traité exactement de la même manière que les métaux précieux, par exemple. Une semblable institution, si elle existait à Bakou, permettrait peut-être de régulariser les prix de vente du naphte brut, prix qui varient aujourd'hui, d'un jour à l'autre, dans des proportions colossales (de 2 à 10 kopecks le poud, soit de 3 francs à 16 francs la tonne).

Le traitement que l'on fait subir au naphte brut dans les usines de la Ville-Noire comprend :

1° La fabrication des huiles d'éclairage;

2° Pour quelques usines, la transformation d'une partie des résidus en huiles de graissage.

Ces deux séries d'opérations sont basées sur la distillation fractionnée du naphte, précédée et suivie d'opérations de purification. Mais la seconde, assez coûteuse et généralement délicate, est loin de s'appliquer à tous les résidus, dont la majeure partie est consommée à l'état de combustible.

Nous examinerons très rapidement les différentes phases de cette fabrication.

Lorsque le naphte arrive aux usines, il est encore chargé de sable et d'eau; il faut donc lui faire subir d'abord une épuration physique, car l'eau a de très graves inconvénients lors de la distillation. On fait donc déboucher les pipelines dans de hauts réservoirs cylindriques. Le naphte arrive par la partie supérieure et sort à peu près aux trois quarts de la hauteur. Le réservoir complet tient généralement 500 tonnes. Le sable et l'eau se déposent à la partie inférieure, et le naphte sort presque pur. On soutire la partie inférieure tous les matins.

Le réservoir en question est d'ailleurs parcouru, à sa partie inférieure, par un serpentin dans lequel circulent les résidus (ou mazout) provenant des chaudières, à une température d'environ 300 degrés. On a ainsi un réchauffage préalable et une légère récupération, car le mazout sort de l'appareil à une température de 80 degrés. Il va se refroidir encore dans des bassins en maçonnerie remplis d'eau, et est enfin déversé dans des réservoirs à air libre, où on peut le reprendre ultérieurement.

En sortant de l'épurateur, le naphte brut est envoyé aux chaudières de distillation pour huiles d'éclairage (ou kérosine).

Voici comment se décomposent pratiquement les produits de cette distillation :

		p. 100
Benzines (produits légers, mal nommés)	$\Delta = 0,750$. . .	6 à 7
Kérosine n° 1, de 0,760 à 0,860, moyenne	$\Delta = 0,022$. . .	30 à 33
— n° 2, de 0,760 à 0,870.	$\Delta = 8,865$. . .	8 à 10
Mazout ou résidus.	$\Delta = 0,910$. . .	45 à 50
Gaz perdus.		10 à 15

Nous ne pouvons pas décrire ici en détail tous les appareils employés pour la distillation, mais nous donnerons les principes.

Le naphte brut est un mélange dans des conditions mal connues d'ailleurs, de carbures qui appartiennent en grande majorité à la série C^nH^{2n+2}. Il est permis de supposer que l'on a affaire non seulement à des mélanges, mais à des combinaisons, car on constate des points d'arrêt dans la distillation. De plus, pendant l'opération, on constate qu'il se forme un dépôt lourd au fond de la chaudière, dépôt qui ne se forme pas lorsque l'on conserve le naphte indéfiniment sans le chauffer. L'action de la chaleur produit donc certainement des décompositions.

La formation de ce dépôt, et aussi le dépôt d'une certaine quantité d'eau qui n'a pu être éliminée, font que, pour éviter les ébullitions tumultueuses et les coups de feu, on doit agiter continuellement la masse et, autant que possible, ne pas la chauffer par le bas, mais par le milieu.

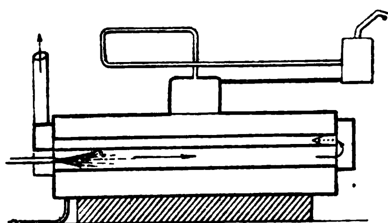
Ce double résultat est obtenu :

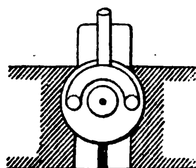
1° En injectant, au moyen d'un tube percé de trous, de la vapeur préalablement réchauffée à 280 ou 300 degrés ;

2° En employant des chaudières à foyer intérieur et à retour de flamme.

De ce type est la chaudière, dite Américaine, dont le croquis schématique est donné ci-contre, et qui semble être assez avantageuse. Le pulvérisateur est placé au

centre d'un long cylindre revêtu de briques; la flamme revient par deux cylindres latéraux, et est reçue dans une boîte d'où les fumées vont dans l'atmosphère.





On remplit la chaudière de naphte brut et on met le pulvérisateur en marche. On ne commence à injecter la vapeur que quand la distillation est commencée, sans quoi l'eau de la partie inférieure serait volatilisée avec projection. Il est d'ailleurs rare que l'on n'ait pas un peu d'entraînement.

Un semblable appareil traite de 20 à 25 tonnes. L'opération dure de 12 à 18 heures. La chaudière coûte 5.000[R] (13.300 francs). On compte qu'elle doit être amortie en six ans.

Au lieu de chaudières intermittentes comme celle que nous venons de décrire, on peut employer des chaudières continues; le naphte arrive par la partie supérieure, et le mazout coule par la partie inférieure, grâce à un robinet convenablement réglé. Les vapeurs sont condensées dans un serpentin vertical qui présente sept conduites latérales distribuées dans la hauteur; il se forme ainsi sept catégories que l'on recueille et que l'on mélange ensuite de façon à obtenir le produit de densité voulue.

Toutes ces chaudières sont chauffées au mazout. Les injecteurs consomment par heure environ 16 kilogrammes de mazout d'une valeur variant de 3 à 5 kopecks les 16 kilogrammes.

Les produits (ou distillats) étant une fois mélangés de

façon à donner les qualités cherchées, il faut avoir recours à une épuration chimique pour les rendre marchands. Il faut pour cela deux opérations.

La première consiste à traiter par l'acide sulfurique pour enlever les goudrons et l'eau.

Dans la seconde, on lave par le carbonate de soude pour neutraliser et enlever les phénols.

Tels sont les éléments; mais il faut ajouter que chaque usine a ses tours de mains tenus plus ou moins secrets. C'est par la qualité des produits raffinés, par leur couleur, par la faiblesse de leur odeur et aussi par le bas prix de revient que les usines peuvent se distinguer et se faire concurrence.

Les deux opérations se font dans des réservoirs cylindriques verticaux, traversés par un tube percé de trous, qui sert à injecter de l'air destiné à brasser la masse.

La première opération consomme de 0,6 à 1,5 p. 100 d'acide sulfurique. Ce dernier est fabriqué, encore aujourd'hui, avec des soufres de Sicile, bien que l'on commence à employer le minerai de soufre natif à 50 p. 100 que l'on a trouvé à Petrowsk. Il revient à $0^{R},90$ le poud (13 francs les 100 kilogrammes).

La deuxième épuration consomme environ 0,31 p. 100 de carbonate de soude à 4^{R} le poud (57 fr. les 100 kilogrammes), venant des usines européennes.

Après cette purification, que subissent séparément les kérosines n° 1, n° 2, et les produits légers appelés improprement benzines (*), il faut faire subir aux kérosines

---

(*) Il existe effectivement dans les pétroles quelques traces de carbures de la série aromatique, mais très peu. Dans plusieurs usines, on poursuit en ce moment des essais pour arriver à produire avec le naphte des composés aromatiques, ce qui ouvrirait à l'industrie du naphte des horizons étendus. Mais il ne saurait être question d'isoler les quelques centièmes de produits existants; c'est par une transformation chimique que l'on pourrait obtenir des quantités notables, et ces procédés, dont cer-

les essais sans lesquels il n'est pas permis de les expédier, à savoir les essais d'inflammabilité.

Disons, en premier lieu, que les produits légers ne peuvent pas être expédiés tels quels; il faut en tirer parti, soit en les remélangeant au mazout pour les rendre plus fluides, soit en en tirant des produits tels que la gazoline, fabrication dans le détail de laquelle il nous est impossible d'entrer.

Le gouvernement interdit le transport des produits émettant des gaz ou vapeurs inflammables au-dessous de 28 degrés centigrades. Pour vérifier que cette condition est remplie, on se sert généralement de l'appareil Abel Pensky.

Il se compose d'un petit cylindre en laiton, isolé comme un calorimètre, et rempli d'eau chauffée vers 50 ou 60 degrés. Au centre on place, plongé dans l'eau, un petit réservoir de 5 centimètres de diamètre sur 5 centimètres de hauteur, plein de l'huile à essayer. Ce petit cylindre se trouve ainsi chauffé; un thermomètre sensible y est plongé. Au-dessus de ce réservoir, communiquant avec l'extérieur par un orifice carré de 1 centimètre de côté (exactement) se trouve placée une petite lampe veilleuse. L'ouverture est normalement fermée. A une certaine température indiquée par le thermomètre, l'observateur désire se rendre compte des qualités de l'huile. Pour cela, il presse un bouton. Un mécanisme d'horlogerie ouvre l'orifice, incline la mèche de la veilleuse allumée jusqu'à quelques millimètres de l'ouverture; puis, par un mouvement inverse, relève la lampe et ferme; le tout dans 3 ou 4 secondes, mais toujours le même temps.

---

taines sociétés sont déjà, paraît-il, en possession, nécessiteraient un remaniement complet des usines et orienteraient l'industrie du naphte, à Bakou, dans une direction très différente de celle suivie jusqu'ici.

Dans cette opération, la veilleuse reste allumée, ou s'éteint avec une petite explosion. Si elle reste allumée, c'est que l'huile n'émet pas de vapeurs inflammables. Si elle s'éteint, c'est que, comme dans la lampe de sûreté, il se forme autour de la flamme une zone de gaz non comburants dus aux vapeurs émises. Si l'extinction se produit au-dessous de 28 degrés, l'huile ne peut être expédiée.

On fait généralement aussi des essais sur la couleur des kérosines. Le commerce préfère les huiles incolores aux huiles colorées, et, dans les marchés, on indique toujours que la couleur devra être de tant de *marques*. La marque, étalon de couleur, est donnée par une certaine épaisseur d'un verre fumé spécial, auquel on compare la kérosine, dans un appareil très analogue au colorimètre de Duboscq.

Les kérosines ne sont pas emballées à Bakou; elles sont transportées en vrac soit par chemin de fer, soit par bateaux, et mises en bidons lorsque le transport en vrac devient impossible. C'est le cas pour les expéditions en Orient et dans l'Inde; les dangers d'explosions et d'incendies que ferait courir aux bateaux-citernes le soleil des pays chauds et l'interdiction absolue que la compagnie du canal de Suez opposait jusqu'à ce jour, pour ces motifs, à la circulation de semblables navires, font que l'on préfère expédier les kérosines dans des bidons en fer-blanc (*). De vastes ateliers sont installés à Batoum pour la fabrication de ces bidons, entièrement faits à la machine. Chaque bidon, susceptible de contenir 15 kilo-

(*) Nous venons d'apprendre que la compagnie du canal de Suez est sur le point d'autoriser le transport des pétroles en bateaux-citernes, à la grande inquiétude des armateurs et des compagnies d'assurances maritimes.

grammes de kérosine, revient à 5 kopeks (*). On fait d'ailleurs les expéditions par caisses de 2 bidons, tenant par conséquent un peu moins de 30 kilogrammes (65 livres anglaises). Ces caisses sont fabriquées à la machine. L'emballage ainsi fait, caisse et bidons, revient à 1^{R} environ (2^{f},60).

L'emballage des kérosines en barils, pratiqué pour les petites expéditions, coûte 2^{R},35 (6^{f},25) pour 100 kilogrammes.

Le mazout, c'est-à-dire ce qui reste dans la chaudière après le départ des kérosines de qualité inférieure, a une densité de 0,910 à 0,912. C'est un produit épais, noir, très chargé en carbone, et doué d'un pouvoir calorifique très considérable. On peut donc avec avantage l'employer comme combustible. Mais on peut surtout en tirer très bon parti, en fabriquant des huiles de graissage. C'est de cette fabrication que nous allons d'abord nous occuper.

On procède encore par distillation fractionnée. Voici les divers produits que l'on peut obtenir :

			p. 100
Huile solaire		Δ = 870-875	25
— pour broches		Δ = 895-900	15
— pour machines		Δ = 900-909	33
— pour cylindres	0	Δ = 911	20
	00	Δ = 913-914	
Goudrons			16

La composition d'un atelier de fabrication d'huiles minérales ressemble beaucoup à celle d'une usine pour huiles d'éclairage. Le mazout, préalablement réchauffé par la vapeur, est distillé dans des chaudières à injection

(*) Prix du fer-blanc, à Batoum, $12^{roub.}$,60, plus les droits de 10 p. 100 environ; en tout 14 roubles le poud, soit 233 francs les 100 kilogrammes. Étain pour les soudures, 9 roubles le poud, soit 150 francs les 100 kilogrammes.

de vapeur. Ces chaudières sont généralement à section horizontale circulaire. Comme la température nécessaire est assez élevée, on les noie dans la maçonnerie pour éviter les déperditions de chaleur. Elles ont la forme de cornues, et sont construites en tôle (*). Au sortir de la chaudière, les vapeurs se condensent dans des tubes en U formant jeux d'orgues; à la partie inférieure de chaque boule, on recueille une qualité d'huile.

Chaque chaudière peut traiter de 6 à 8 tonnes par 24 heures. On peut compter qu'une batterie de 5 chaudières, en tenant compte des réparations, chômages, etc. fait de 300 à 350 tonnes par mois.

La vapeur est injectée à 250 ou 300 degrés. La quantité de vapeur nécessaire pour le chauffage et pour la pulvérisation du goudron employé comme combustible, correspond à 9 ou 10 chevaux par chaudière.

Les goudrons qui servent au chauffage sont les résidus, qui restent dans la cornue à la fin de l'opération. On les chasse au moyen d'un courant de vapeur dans un réservoir où ils sont maintenus à une température de 200 degrés, condition sans laquelle ils ne pourraient couler.

Les distillats recueillis dans les jeux d'orgues sont ensuite raffinés. Le raffinage, aussi délicat pour les huiles de graissage que pour les kérosines, se fait dans des cuves en tôle d'une contenance de 8 à 10 tonnes. On consomme 3,5 p. 100 d'acide et 1,5 p. 100 de carbonate de soude.

Les frais d'établissement d'une usine pouvant produire 200.000 pouds, c'est-à-dire 3.200 tonnes d'huiles d'éclairage par an, s'élèvent à 100.000 ou 120.000 roubles (260.000 à 300.000 francs). Sur cette somme, l'atelier

(*) Ces chaudières sont décrites avec détail dans un ouvrage édité à Leipzig (Schädler, *Les Huiles minérales.*)

de raffinage compte pour 15.000 roubles (40.000 francs).

A ce sujet, nous donnerons ici quelques-uns des prix des matériaux de construction et de la main-d'œuvre à Bakou :

	Pouces.	Roubles.
Planches en bois résineux d'une longueur de 9m20. Épaisseur (en pouces anglais de 25 millimètres). Largeur environ 0m,25 . .	5/8	0,25
	7/8	0,50
	1 1/8	0,75
	1 3/8	0,95
	1 5/8	1,20
	1 7/8	1,55
	2 1/8	1,90
	2 5/8	2,20
	3 1/2	3,25
	4 3/8	4,20

		Mètres.		Pouces.	Roubles.
Poutres.	Long.,	12,70;	épaiss.,	3	2,50
	—	10,60	—	3 1/2	2,20
	—	10,60	—	3	1,90
	—	10,60	—	2	1,20

Les briques ordinaires de construction coûtent 10^R ($26^f,60$) le mille.

Les briques réfractaires, rendues franco à Bakou, venant d'Angleterre : 120^R (320 francs) le mille.

La maçonnerie (main-d'œuvre) revient à $2^R,70$ ($7^f,40$) le mètre cube.

Le prix de la main-d'œuvre varie d'ailleurs autour des chiffres suivants :

	Roubles.
Manœuvres (le poste de 12 hommes) . . .	0,50
Ouvriers plus habiles.	0,80 à 1,00

Avant d'expédier les huiles de graissage, on les soumet à des essais relatifs à la viscosité. Les appareils employés pour ces mesures, tant à Bakou que sur les lieux de consommation, sont des plus variés. Certains d'entre eux, employés principalement pour les fournitures des compagnies de chemins de fer, ont pour but de mettre les

huiles dans les conditions où elles se trouvent lors de leur usage, c'est-à-dire de les interposer entre un coussinet et un arbre. L'appareil employé dans plusieurs usines de Bakou, basé sur ce principe, est l'appareil Thurston : il se compose d'une sorte de pendule qui repose, non sur un couteau, mais sur un tourillon mis en mouvement rapide par une courroie sans fin. La pression, le nombre de tours, et l'élévation de température, mesurés simultanément, donnent de précieuses indications sur la qualité des huiles.

Nous signalerons une autre catégorie d'appareils, donnant des renseignements certainement moins conformes à la pratique, mais d'un fonctionnement beaucoup plus simple et rapide. Ce sont les appareils basés sur la vitesse d'écoulement des huiles.

Le plus simple de tous est l'appareil d'Engler. C'est un simple récipient en laiton, cylindrique, percé à sa base d'un orifice assez étroit, de 3 ou 4 millimètres carrés de section. On remplit ce vase de l'huile à essayer, et on ouvre l'orifice. On laisse couler 200 centimètres dans une bouteille en verre, jaugée; la température doit pendant ce temps être maintenue constante, à 50° centigrades généralement. On mesure le temps que mettent à passer ces 200 centimètres cubes, soit par exemple 7 minutes. On dira alors que la viscosité de l'huile est de 7 minutes.

Plus compliqué est l'appareil imaginé par M. le général Pétroff, directeur des chemins de fer de l'État russe, sur un principe analogue. M. le général Pétroff mesure le temps que met un certain volume d'huile pour passer à travers une longueur déterminée, 1 mètre environ, d'un tube en cristal de section connue, presque capillaire. Le tube est maintenu horizontal, et à une température constante, dans un bain tout à fait analogue à celui qu'on emploie pour la mesure des dilatations linéaires. Les résultats, introduits dans une formule partie théorique, partie empi-

rique, donnent sur la viscosité de l'huile des renseignements pratiques assez satisfaisants.

Au contraire des kérosines, les huiles de graissage sont généralement emballées à Bakou, en fûts. Ce sont, en effet, des produits assez délicats, que le transport en vrac pourrait détériorer. On emploie des tonneaux en bois, tenant 160 à 180 kilogrammes et coûtant, à Bakou, 10 francs.

Nous allons maintenant donner quelques détails sur un autre emploi du mazout, beaucoup plus important d'ailleurs : l'emploi au chauffage des foyers des machines à vapeur.

Le mazout est en quantité considérable, qu'il provienne soit de la distillation du naphte brut, soit de son évaporation dans les bassins à l'air libre, où on le laisse malheureusement trop souvent s'appauvrir sans aucun profit. — Depuis longtemps déjà, on a songé à employer ces résidus comme combustible. Aujourd'hui tous les bateaux de la mer Caspienne, du Volga et de ses affluents, tous les chemins de fer du Sud-Est de la Russie, toutes les usines pour lesquelles l'approvisionnement est possible, emploient uniquement le mazout; et l'importance de ce produit va en augmentant sans cesse, à mesure que se développent l'industrie et le commerce de la Russie.

Nous ne pouvons songer à décrire ici tous les appareils employés, leurs résultats, leurs avantages : un pareil sujet a déjà pu fournir les éléments de volumes entiers, et maintenant il serait aussi difficile, toutes proportions gardées, de faire un travail complet sur les applications du mazout, qu'il le serait chez nous d'écrire un traité sur les applications de la houille.

Nous nous bornerons à donner, plutôt à titre d'exemples, quelques renseignements isolés, touchant l'emploi du mazout pulvérisé pour le chauffage des chaudières fixes, et des locomotives.

Disons d'abord quelques mots des avantages de ce combustible. Il ne donne pas de cendres ; il est facile à manier; très facile à distribuer, au moyen d'un robinet de réglage; l'emploi en est très propre. Enfin et surtout, il est, à poids égal, beaucoup plus avantageux que la houille.

Le pouvoir évaporatoire théorique du mazout est 16,2 (1 kilogramme vaporise 16^{kg},2); celui de l'anthracite est 12^{kg},2; par conséquent le mazout, à poids égal, vaporise 33 p. 100 en plus, théoriquement. Mais ce n'est pas tout. L'utilisation du combustible peut être rendue beaucoup meilleure; et là où le charbon ne donne que 60 p. 100 de son pouvoir calorifique théorique, le mazout peut donner 80 p. 100; ce qui fait en sa faveur un avantage de plus de 75 p. 100.

Par conséquent dans toute la région, très étendue en Russie, où l'on aura chance de voir la tonne de mazout se maintenir au-dessous d'un prix égal aux 7/4 de celui de la tonne de houille, on aura avantage à substituer le mazout à la houille.

Un raisonnement analogue s'applique au bois, combustible par exellence de la Russie du Nord, mais devenant de plus en plus coûteux.

Il faut joindre à ces avantages celui de permettre une surveillance très facile : un homme suffit, pour une batterie de 6, 8, 10 chaudières.

Ces diverses considérations contribuent à développer beaucoup l'emploi du mazout, et aujourd'hui il est à peu près le seul combustible employé dans l'industrie, sur le cours du Volga, et jusque dans la région de Moscou.

C'est naturellement dans les régions les plus éloignées des centres de production du naphte, que l'emploi du mazout comporte les plus grands perfectionnements. A Bakou par exemple et dans toutes les régions avoisinant la Caspienne, le prix en est tellement bas que l'on attache très peu d'importance à l'économie, et les pulvéri-

sateurs et les foyers y sont étudiés avec beaucoup moins de soin que dans les régions plus éloignées.

Nous exposerons ici :

1° Pour les chaudières fixes, les renseignements qui nous ont été donnés dans certaines usines de Moscou.

2° Pour les locomotives, le résumé de trois articles, publiés en 1884, 1889 et 1890, dans les *Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers*, de Londres, par M. Urquhardt. L'auteur, ingénieur anglais, est au service du chemin de fer de Grazi à Tzaritzin ; il a le premier fait des études très suivies sur cette question ; et nul ne l'a résolue mieux que lui, si nous devons en croire l'avis de plusieurs ingénieurs que nous avons consultés pendant notre voyage. Les articles en question n'ont pas été encore traduits en français, à notre connaissance du moins.

1° *Chaudières fixes.* — Dans ces appareils, qui très généralement doivent produire de la vapeur avec constance et régularité, le réglage de la quantité de naphte à injecter est une question beaucoup moins importante que dans les locomotives. Par conséquent le pulvérisateur devra avant tout être d'un type très simple.

On a reconnu depuis longtemps qu'il y avait avantage à employer la vapeur pour la pulvérisation, de préférence à l'air comprimé, qui semblait devoir donner une meilleure combustion. La vapeur est en somme beaucoup mieux utilisée dans l'injecteur qu'elle ne le serait dans une pompe utilisée à comprimer de l'air ; il y a là un avantage économique qui compense très largement le petit avantage du mélange de l'air avec le mazout.

Ainsi donc, le pulvérisateur d'une chaudière fixe doit être à vapeur, et aussi simple que possible, pour éviter les engorgements et faciliter le nettoyage.

On préfère donc maintenant aux pulvérisateurs à couronnes circulaires concentriques, analogues à l'injecteur

Giffard, des pulvérisateurs à lame parallèle. De ce type sont les appareils d'Issaïeff et de Bérezneff (Pl. IV, *fig.* 5, 6 et 7). Ils se composent de deux boites circulaires plates, opposées l'une à l'autre, et fermées sauf suivant un segment commun; dans la boite supérieure coule le naphte, venant d'un réservoir placé à 2 ou 3 mètres de hauteur; la vapeur arrive dans la boite inférieure; le naphte coule sur la lame de vapeur, qui l'entraîne.

Les pulvérisateurs Kroupka ou Baschanine, à couronnes circulaires et à aiguilles, ont donné de moins bons résultats. Un des grands avantages du pulvérisateur Issaïeff est d'être à rendement à peu près constant.

Pour expliquer ce que représente cet avantage, il faut remarquer ce qui se passe dans le réglage. Si l'on admet trop de mazout, la combustion sera incomplète, et le fait sera décelé par une production de fumée noire. Si, au contraire, on admet trop de vapeur, la combustion sera excellente, mais on consommera plus de vapeur qu'il n'est nécessaire, condition défavorable. A une quantité donnée de mazout correspond, pour chaque type de pulvérisateur, une quantité donnée de vapeur. Le rapport de ces deux quantités est ce qu'on nomme le rendement de l'appareil.

Pour l'injecteur Issaïeff, ce rendement reste constant entre 50 kilogrammes et 100 kilogrammes de naphte à l'heure. L'appareil consomme à peu près $0^{kg},4$ de vapeur à 4 ou 5 atmosphères, par kilogramme de naphte.

La plus grande attention doit être accordée à la forme et aux dispositions intérieures du foyer. Le chauffage au naphte peut, moyennant cette restriction, être appliqué à tous les types de chaudière, aussi bien aux chaudières à bouilleurs qu'aux chaudières multitubulaires. Mais il faut toujours que la chambre de combustion soit telle,

que la combustion soit bien complète, que la température soit aussi uniforme que possible, et que le jet de flamme produit par le naphte pulvérisé ne se brise pas contre quelque partie essentielle. Le type est d'ailleurs à étudier pour chaque nature de chaudières, et cette étude donne toujours lieu à de nombreux tâtonnements. Nous donnons ici les dispositions d'une chaudière à 3 bouilleurs de l'usine Zündel, à Moscou (Pl. IV, *fig.* 1, 2, 3, 4). Comme on le voit, il y a de nombreuses chicanes; le courant de gaz chauds est obligé de tourbillonner, ce qui rend la combustion plus parfaite; de plus, le parcours est très long, puisque, outre les trois étages que le courant suit autour de la chaudière et même dans l'intérieur, il va ensuite réchauffer jusqu'à 85 degrés l'eau destinée à l'alimentation.

Le réglage se fait au moyen d'un regard bouché par une plaque de verre, qui permet de voir la couleur des briques, et surtout de distinguer s'il se produit de la fumée. Le bon réglage est obtenu lorsque, si l'on augmentait très peu l'arrivée du magout, il se produirait de la fumée. C'est un point qui, paraît-il, est assez difficile à obtenir, mais qui, dans les chaudières fixes à travail constant, subsiste très longtemps lorsqu'il a été atteint.

Nous donnerons, pour conclure, les résultats d'essais tout à fait récents, faits avec un soin minutieux, par M. Keller, directeur de la fabrique d'indiennes Zündel, à Moscou :

Essai n° I. — Chaudière multitubulaire, système de Naeyer, 185 mètres carrés de surface de chauffe, avec récupérateurs-réchauffeurs de 175 mètres carrés, 3 pulvérisateurs système Bérezneff dont le dessin est donné.

Essai n° II. — Chaudière à 3 bouilleurs, de 60 mètres carrés de surface de chauffe, avec 2 réchauffeurs latéraux de 40 mètres carrés, la batterie de 6 chau-

dières analogues possédant en outre un économiseur Green de 242 mètres carrés, 4 pulvérisateurs, système Kroupka.

Essai n° III. — Même chaudière, avec pulvérisateurs, système Béreznoff.

Essai n° IV. — Chaudière à 3 bouilleurs et à retour de flamme (voir le dessin); 115 mètres carrés de surface de chauffe; 2 bouilleurs latéraux de 46 mètres carrés et 1 économiseur Green pour 3 chaudières semblables, 3 pulvérisateurs Béreznoff.

Essai n° V. — Comme le n° IV, mais avec 3 pulvérisateurs, système Baschanine.

	NUMÉROS DES ESSAIS				
	I	II	III	IV	V
Durée de l'essai	12h	10h 30	10h 30	7h	9h
Consommation totale de nahpte	2.193kg	795kg,7	1.104kg	1.183kg	1.183kg
Pression moyenne à la chaudière	4atm,5	5atm	4atm,5	5atm	4atm,75
Température moyenne de l'eau injectée	41°	38°	46° 6	19° 2	20° 2
Quantité d'eau injectée (litres)	31.096l	11.912l	16.232l	16.284l	16.832l
Poids d'eau injectée	29.140kg	11.122kg	15.071,4	15.805kg	16.310kg
Kilogrammes de vapeur produits en partant de la température d'injection	14kg,17	14kg,9	14kg,7	13kg,76	14kg,22
Kilogrammes de vapeur produits en partant de 0°	13kg,28	13kg,9	13kg,65	13kg,36	13kg,78
Naphte par heure et par mètre carré de surface de chauffe	0kg,987	1kg,131	1kg,569	1kg,469	1kg,143
Vapeur par heure et par mètre carré de surface de chauffe	13kg,1	15kg,81	21kg,42	19kg,633	15kg,758
Température de l'eau sortant des réchauffeurs	120°	85°	87° 3	68° 9	64° 6
Température des gaz à l'entrée de la cheminée	132°	130°	139° 1	90°	80°
Température de l'air ambiant de la batterie	27°	27°	20°	27°	26° 8
Dépense de vapeur pour 1 kilogrammes de naphte	»	0,422	0,364	»	»

Ces essais peuvent servir de point de repère pour toute installation de chaudière. On voit que les rendements auxquels on peut arriver sont très voisins du rendement théorique.

2° *Locomotives.* — (Notes de M. Urquhardt touchant l'emploi du mazout sur le chemin de fer de Grazi à Tzacitzin, résumées succinctement). Les premières expé-

riences faites dans ce sens en Russie, l'ont été sur cette ligne en 1874. Les essais se poursuivirent jusqu'en 1884, époque à laquelle M. Urquhardt publia sa première note. Le système auquel il s'était arrêté à cette époque, était basé sur l'emploi d'un injecteur à couronne circulaire, la vapeur arrivant par une tuyère centrale qui pouvait être reculée ou avancée au moyen d'une vis. On réglait ainsi l'arrivée du pétrole. Le foyer avait une disposition spéciale. Outre la voûte ordinaire, on avait adjoint deux voûtes latérales qui avaient pour but de produire des remous et de rendre la combustion aussi complète que possible avant que les gaz chauds entrent dans les tubes.

Les machines ainsi modifiées devaient être mises en pression au moyen d'une chaudière fixe fournissant de la vapeur aux injecteurs. La mise en pression, en partant de l'eau froide, durait 20 minutes; on avait à ce moment une pression de 3 atmosphères qui suffisait pour alimenter l'injecteur, et donner, au bout d'une heure, la pression nécessaire de 8 atmosphères.

Le réservoir de naphte était sur le tender, dans l'intérieur du fer-à-cheval que produisent les caisses à eau, à la place habituelle du charbon. Le naphte est ainsi préservé du froid par l'eau. D'ailleurs, toutes les fois que la température descend au-dessous de 0 degré, il était nécessaire de réchauffer le naphte au moyen de vapeur circulant dans un serpentin qui traversait le réservoir.

La capacité était, pour une locomotive à 6 roues couplées, de 3 tonnes et demie, ce qui permet l'alimentation sur un parcours de 400 kilomètres, pour trainer un train de 480 tonnes.

Les précautions nécessaires pour la conduite étaient les suivantes : lors de l'allumage, il fallait, pour éviter les explosions, nettoyer soigneusement le bec au préalable, par un jet de vapeur, le cendrier étant ouvert; ou-

vrir en même temps le souffleur, qui doit être ouvert presque continuellement ; et mettre au fond de la chambre de combustion un tampon d'étoupe imbibée de pétrole et allumé; l'arrivée du jet sur ce tampon provoque l'inflammation des gouttelettes.

Une fois le feu allumé, on le règle au moyen des robibinets et du registre du cendrier, par l'observation de la fumée. En marche, tout changement dans le degré d'admission et le travail, c'est-à-dire dans le profil de la voie et dans la vitesse du train, correspond à un dérèglement du feu. Le chauffeur a donc un travail beaucoup moins pénible qu'avec le charbon, mais beaucoup plus continu.

Grâce à la température des briques du foyer, on peut, une fois en train, fermer pour quelques instants l'arrivée du naphte, pourvu qu'on ferme en même temps le cendrier, et qu'on ne le rouvre qu'une fois le feu rallumé grâce à la chaleur des parois.

L'appareil de réglage consiste en une tige avec un pas de vis; une échelle graduée empiriquement permet de suppléer, pendant la nuit, à l'observation de la fumée.

La porte du foyer, garnie en briques, est condamnée ; elle ne doit jamais être ouverte.

On avait ainsi transformé, en 1884, 13 locomotives à voyageurs, 27 locomotives à marchandises à 6 roues, et 60 locomotives à 8 roues couplées.

Dans sa note de 1884, M. Urquhardt donne des résultats d'expériences consignés dans de nombreux tableaux que nous ne pouvons que résumer très brièvement ici.

Avec une locomotive à 6 roues couplées, traînant sur 150 kilomètres de voie difficile un train de 400 tonnes, la consommation moyenne est de 11 à 12 kilogrammes par train kilométrique, y compris l'allumage. Coût du train kilométrique, en moyenne 11^{k},4.

Les expériences faites comparativement avec l'anthracite, le bois et une houille bitumineuse, ont donné

les rapports suivants pour le coût du combustible :

Naphte	1
Bois en bûches	$^{17}/_{11}$ à 2
Anthracite	3
Houille bitumineuse	3 $^{1}/_{2}$

Le rendement trouvé, en vapeur, a été de 11^{kg},35, soit 70 p. 100 environ.

Les calculs faits sur la consommation mensuelle assignent au naphte un avantage économique de 33 à 38 p. 100.

Les machines à 8 roues couplées ont généralement donné de meilleurs résultats que celles à 6 roues, probablement parce que les coups d'échappement sont plus fréquents.

La position la plus favorable de l'injecteur est en arrière, et au fond du cendrier, toujours pour que le parcours des gaz avant l'entrée dans les tubes soit aussi long que possible.

La note de 1884 se termine par une énumération des avantages du naphte et par la mise à néant des opinions quelquefois admises sur les dangers d'explosion ou d'incendie qu'il fait courir.

Néanmoins, à cette époque, le prix du mazout n'était pas encore assez bas, ni assez stable, pour que l'on croie devoir, en transformant complètement et irrévocablement les machines, et en faisant construire d'autres machines exclusivement appropriées à ce chauffage, dire adieu pour toujours au bois et à la houille. C'est ainsi que la porte du foyer avait été condamnée, mais non supprimée.

Ce qui ressort de cette note aussi bien que des suivantes, c'est l'importance capitale de l'aménagement de la chambre de combustion. C'est là que réside toute la difficulté ; auprès de cela, le choix du pulvérisateur n'est qu'un détail et une question d'appréciation personnelle.

Les expériences en question ont continué jusqu'en 1889, époque à laquelle M. Urquhardt a publié un supplément à sa première note.

Il y est dit, en substance, qu'il y a peu de changements à apporter à ce qu'il a écrit. Le chauffage au mazout s'est généralisé. Les formes de la chambre de combustion ont été mieux étudiées et perfectionnées. L'injecteur n'a subi que des modifications de détails.

L'auteur donne le prix de la modification à faire subir aux machines pour les faire travailler au naphte. Pour les locomotives à 6 roues, on a adopté sur le tender un réservoir remplissant le fer-à-cheval. Pour les locomotives à 8 roues, on a été obligé d'augmenter la quantité de naphte à emporter, et d'ajouter pour cela un réservoir au-dessus du réservoir à eau. La transformation a donc coûté dans ce cas un peu plus cher. Elle se monte à 390 roubles dans le premier cas, et à 760 dans le second.

A la note sont encore joints de nombreux tableaux desquels il ressort que, au point de vue financier, l'économie résultant du pétrole varie aux environs de 45 p. 100. Au point de vue du chauffage, avec un bon mécanicien, 50 tonnes de résidus équivalent à 100 tonnes de la meilleure houille.

La dépense totale de combustible par essieu-kilomètre s'est abaissée de 43 p. 100 de 1882 à 1888.

Enfin, la consommation pendant les arrêts est tombée de 30 p. 100 à 26 p. 100.

Quelques accidents du début avaient fait craindre, en raison de la grande chaleur développée, des réparations trop considérables. Des entretoises du foyer avaient sauté. On les a remplacées par des entretoises à tête forgée, du système Belpaire. Sauf ce détail, six années d'expériences ont montré que les réparations avaient considérablement diminué, en comparaison de ce qu'elles

étaient avec l'anthracite (48 p. 100) ; en outre, un avantage du même ordre réside dans l'absence de soufre.

La porte a été définitivement supprimée, et toute la partie postérieure du foyer est maintenant une double paroi remplie d'eau; on gagne ainsi 2 pieds carrés et demi de surface de chauffe, et surtout une grande simplicité de construction.

Répondant à une question qui lui avait été posée, à savoir : si une chaudière locomotive construite spécialement pour le chauffage au naphte ne serait pas préférable aux chaudières anciennes transformées, l'auteur dit qu'il ne croit pas que l'on puisse trouver beaucoup mieux que ce qui existe. Il a néanmoins fait des expériences avec une chaudière dérivée du type Verderber (État hongrois) à foyer intérieur, mais à surface de chauffe directe réduite à la plaque tubulaire, le reste du foyer étant garni de briques. Comme on pouvait s'y attendre, la combustion dans ce foyer a été excellente. Les frais de réparations et de visites nécessités par les incrustations sur le foyer sont du même coup supprimés. En somme, le résultat a été assez satisfaisant.

Certaines chaudières construites par M. Paschanine, dans le genre des chaudières de Cornouailles, n'ont pas donné de bons résultats.

En somme, la chaudière habituelle semble devoir donner de bons résultats avec le naphte ; pourvu qu'on apporte le plus grand soin à l'aménagement des briques, et, généralement, pourvu que leur masse soit assez considérable pour qu'elles constituent un véritable réservoir de chaleur.

On a essayé aussi d'employer des appareils de pulvérisation introduisant dans le jet l'air nécessaire à la combustion. Un appareil dans ce genre, toujours à vapeur, mais avec un trou central par lequel était aspiré l'air extérieur, a été rejeté comme ne produisant aucune éco-

nomie, et faisant entendre d'ailleurs un vacarme assourdissant.

Quant à l'emploi de l'air comprimé, outre l'inconvénient qu'il y a à munir la locomotive d'une pompe à air, ce qui est peu économique, on ne croit pas qu'il procure de grands avantages. Aussi a-t-il été abandonné après quelques essais infructueux, dans lesquels on avait attaché la tige d'une pompe à air à la tête de bielle, ce qui avait le grave inconvénient de donner plus d'air à la descente qu'à la montée.

En 1890, le même auteur a encore publié dans le même recueil une note sur une machine Compound chauffée au naphte. En dehors des très grands avantages qu'il reconnait aux machines Compound et qui existent dans celle-là, nous retiendrons seulement ce point : que l'emploi du naphte n'a donné lieu dans cette machine à aucun mécompte, bien que l'on eut craint que la diminution de moitié dans le nombre des coups d'échappement ne rendît le tirage très problématique. Il n'en a rien été.

Nous avons cru intéressant de résumer ici, ces quelques articles, en ce qui touche le chauffage des locomotives. On y voit en effet quel l'avenir s'offre de ce côté au développement de l'exploitation et de l'industrie du naphte, et sa relation intense avec le développement industriel de la Russie du sud-est.

CHAPITRE IV.

PRIX DE REVIENT, TRANSPORTS, IMPÔTS, ETC. SITUATION COMMERCIALE DE BAKOU.

Nous venons d'étudier les conditions d'exploitation du naphte et les grandes lignes de son traitement industriel. Il nous reste à voir ce qui se passe pour les différentes matières, entre la production et la consommation, c'est-

à-dire à étudier les prix de revient, les prix de transport; en un mot, les conditions commerciales de cette importante industrie.

Le prix de revient du naphte brut est, comme nous l'avons vu, impossible à établir. Nous ne pouvons donc parler ici que du prix de vente[1], qui varie lui-même, suivant l'abondance, de 2 à 10 kopecks par poud. A l'époque de notre visite (septembre-octobre 1891), l'abondance du naphte, jointe à d'autres causes, avait fait baisser le prix de vente à 2 kopecks, ce qui le rend aux usines à $2^{k},1$, puisque le transport par pipeline revient à $0^{k},1$ environ.

Le prix de revient de la kérosine peut s'établir approximativement comme suit :

		Roubles.
Pour 100 pouds (1.600^{kg}) de kérosine :	Achat de 250 pouds de naphte brut à $2^{kop.},1$ . .	5,25
	Mazout, 25 pouds à $0^{roub.},05$.	3,25
	Amortissement des appareils à 15 p. 100. . . .	3,42
	Produits (SO^3HO et CO^2NaO) pour épuration.	2,00
	Surveillance et main-d'œuvre	0,10
	Frais généraux et frais divers, 8 à 10 p. 100. .	1,00
	Total.	13,02
A déduire, 125 pouds de mazout à $0^{roub.},05$		6,25
	Soit.	6,77

Tel est le prix de revient de la kérosine, ce qui donne, toujours en comptant le rouble à $2^{f},66$, $1^{f},125$ les 100 kilogrammes.

Le mazout a un prix de revient très variable, suivant qu'il est plus ou moins encombrant. Ce prix varie de 3 à 7 kopecks par poud. Lors de notre visite, il était à $0^{R},05$; c'est le prix que nous adoptons dans tous nos calculs. Il correspond à 8 francs la tonne.

Voici, d'autre part, comment peuvent s'établir les dépenses du traitement de 100 pouds (1.600 kilogrammes) de mazout pour huiles de graissage:

	Roubles.
Achat du mazout (100 pouds)	5,00
Achat de produits pour le raffinage	9,60
Amortissement	1,50
Main-d'œuvre, administration, etc.	1,80
Soit en tout	17,90
D'où il faut déduire environ 15 pouds de goudron à 0$^{roub.}$,03, soit	0,45
	17,45

Or la production peut se diviser comme suit, avec les chiffres des prix de vente actuels à Bakou :

	Roubles.
25 pouds d'huile solaire à 5 kopecks	1,25
13 pouds d'huile pour broches à 25 kop. (perte déduite)	3,25
29 pouds d'huile pour machines à 40 kopecks	11,60
17 pouds d'huile à cylindres à 10 kopecks	1,70
	17,80

En chiffres et en mesures françaises, les frais de traitement seraient donc, pour 1 tonne de mazout, 29^{f},08, et la vente des produits donnerait 29^{f},66, ce qui fait le bénéfice, très minime, de 0^{f},60 par tonne. Effectivement, les bénéfices de ce genre d'industrie sont très faibles à l'heure actuelle. Mais, outre que les cours varient, les frais varient beaucoup suivant les usines, particulièrement pour l'épuration qui, comme nous l'avons dit, est le côté délicat et coûteux.

Passons à l'examen des prix de transport.

Nous sommes en présence de trois catégories de produits à exporter :

Les kérosines;

Les huiles de graissage;

Le mazout.

Ces deux dernières catégories sont quelquefois réunies avec le naphte brut, sous la dénomination commune d'*huiles noires*.

Ces divers produits peuvent être expédiés, soit par eau sur tout le littoral de la Caspienne et sur les fleuves qui s'y jettent, soit par chemin de fer, à Batoum, pour être expédiés en Europe et en Orient.

Voici, pour l'année 1888, la répartition entre ces divers modes de transport avec les destinations :

	EN TRANSIT A BATOUM	EN PERSE	DANS l'Empire	TOTAL	MOYENS DE TRANSPORT		
					par mer	par chemin de fer	par voitures
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Huile d'éclairage. .	173 600	4.422	359.326	837.848	344.913	491,846	595
— de graissage.	29.840	3	15.789	45.632	11.767	32.814	11
Résidus.	13.602	542	1.016.620	1.030.764	942.406	87.150	876
Naphte brut	773	6.273	107.505	114.478	101.289	11.212	2.050

On voit que les huiles d'éclairage et de graissage font seules l'objet d'une exportation sérieuse. Les résidus sont presque tous consommés en Russie.

Le transport par eau se fait au moyen de bateaux-citernes en tôle, tenant de 700 à 800 tonnes. Le chargement exige six à huit heures; il est effectué au moyen de pompes.

Pour les pétroles expédiés dans l'intérieur de la Russie par le Volga, un transbordement a lieu à Astrakhan.

On peut avoir une idée des prix de transport par les exemples suivants :

		Roubles.	Francs.
Bakou-Petrowsk,	le poud	0,01	1,50 la tonne
— Samara,	—	0,11	16,50 —
— Nijni-Novogorod,	—	0,13	19,50 —
— Moscou (avec parcours sur voie ferrée de Nijni à Moscou).		0,20	30,00 —

Le transport par chemin de fer se fait dans des wagons-citernes d'un type uniforme, tenant les uns 600 poids (10 tonnes), les autres, plus rares, 750 poids (12 tonnes 1/2). Ils appartenaient autrefois, pour la plupart, aux

particuliers; l'État remboursait sur le prix de transport 16 roubles par voyage, comme location du matériel. Il vient, il y a quelques mois seulement, de racheter tous ces wagons au prix de 1.800 roubles (4.800 francs) par wagon, en comptant d'ailleurs un amortissement de 250 roubles par an pour les wagons en service depuis plus d'une année. Ces prix sont, paraît-il, assez justement calculés. Un wagon dure de huit à dix ans.

Les prix de transport des produits du naphte sont les suivants :

		Roubles.
Entre Bakou et Batoum :	Pour la kérosine, le poud kilométrique . .	0,000225
	(la tonne kilom., $1^{kop.}$,35. 0^{f},036).	
	Pour les huiles noires, le poud kilométrique.	0,00019
	(la tonne kilom., $1^{kop.}$,14, 0^{f},03).	

Sur le chemin de fer transcaspien; pour tous les produits sans distinction :

Le poud kilométrique. $0^{roub.}$,0002
(la tonne kilom. $1^{kop.}$,20, 0^{f},32).

Ce qui donne pour les prix d'un point à un autre :

	Kopecks.	
De Bakou à Batoum (844 kilomètres).	16 à 19	le poud
(25^{f},60 la tonne, et 30^{f},40).		
D'Ouzoun-Ada à Samarkande.	27	—
(43^{f},20 la tonne).		

Nous retiendrons seulement de ces chiffres les prix relatifs au transport de Bakou à Batoum, pour faire remarquer que la kérosine, qui revient à 11^{f},25 la tonne à Bakou, revient à Batoum à 41^{f},65. Le mazout qui coûte 8 francs la tonne à Bakou, revient à 33^{f},60 la tonne à Batoum.

Les prix pour Batoum sont à peu près comparables aux prix pour Moscou (sans tenir compte des droits d'accise).

De Batoum, les pétroles sont expédiés dans différentes directions, principalement en Orient. Voici quelques exemples du prix du fret :

Pour les Indes	40 schellings par tonne anglaise
— Odessa (en vrac).	10 à 11 kopecks le poud
— — (en barils)	7 à 8 — —
— Marseille (en barils). . . .	22f,50 la tonne
— Gênes (en barils, par Marseille)	33 ,00 —
— Constantinople (en caisses de 65 livres).	0 ,40 la caisse
— la Syrie (en caisses de 65 livres)	0 ,55 —
— l'Égypte (en caisses de 65 livres)	0 ,62 —

A ajouter les droits d'entrée, qui sont en France, de 300 francs la tonne pour les pétroles ; en Turquie et Égypte, de 8 p. 100 de la valeur.

Mentionnons enfin, pour terminer, les droits que l'État russe a rétablis en 1888 pour tout le pétrole (kérosine) vendu en Russie, hors de Bakou et de Batoum (où l'expédition se fait en transit).

	Roubles.
Huiles lampantes n° 1.	0,40 le poud
— n° 2.	0,30 —

Ce qui grève la tonne de produits de 64 et 48 francs.

Enfin, les pétroles russes sont protégés par les droits de douane suivants :

	Roubles.
Huiles d'éclairage, par poud.	1,00 (or) (4 fr.)
	soit par tonne 240 francs.
Huiles de graissage, par poud.	0,70 (or)
	soit par tonne 168 francs.

Il était nécessaire d'exposer tous ces éléments, pour expliquer la situation actuelle de Bakou, sur laquelle nous allons essayer maintenant de donner quelques détails.

A l'origine, lorsque la production ne dépassait pas quelques milliers de tonnes, les terrains pétrolifères étaient exploités par de petits propriétaires qui vendaient la hérosine à un prix exorbitant, et ont fait ainsi quelques fortunes assez considérables, sans que leur chiffre d'affaires soit très élevé.

C'est une première période, que l'on peut limiter à 1875, époque de l'établissement des Nobel à Bakou. A ce moment commence la seconde période, période de fièvre, période des grandes fortunes et des grandes ruines. La production s'élève considérablement, et l'on voit arriver peu à peu à Bakou des capitalistes plus sérieux. L'abaissement des frais accessoires permet de faire une concurrence sans cesse croissante au pétrole américain, et le rétablissement des droits d'accise en 1888 n'arrête pas l'essor de la production.

Nous arrivons ainsi en 1891, c'est-à-dire au commencement de la crise actuelle que traverse Bakou.

Parmi les capitalistes qui se sont établis à Bakou, un certain nombre avaient beaucoup favorisé le développement de l'industrie du naphte, à la fois en avançant des fonds aux petits propriétaires et en leur achetant le naphte brut. Mais les traités conclus dans ce sens n'étaient pas exempts de certains mécomptes, et un bon nombre de ces traités, qui se trouvaient prendre fin avec l'année 1890, n'ont pas été renouvelés. Ceux qui en profitaient se sont donc trouvés à la fois privés de crédits, et sans écoulement assuré pour leur naphte. Cet événement coïncidait d'ailleurs avec une production déjà trop forte, qui aurait dû depuis quelque temps faire baisser les prix, soutenus seulement par la combinaison ci-dessus. Ils se sont donc subitement abaissés, et les propriétaires de puits se sont trouvés extrêmement embarrassés.

Il semble que cette baisse du prix du naphte aurait

dû favoriser les usines, et leur faire faire de très brillantes affaires. Or, au contraire, on a eu à enregistrer la fermeture de plus de soixante-dix usines depuis le 1er janvier 1891, et celles qui ont résisté jusqu'à ce jour ne font, paraît-il, aucun bénéfice. La principale cause de ce malaise doit surtout être cherchée dans la concurrence américaine. Presque tout le marché des pétroles de Pensylvanie est entre les mains d'une très puissante société, la « Standard Oil C° », qui a des représentants dans toutes les grandes villes d'Europe et a entamé avec les pétroles russes une lutte où ces derniers ne pouvaient avoir l'avantage. Les pétroles russes peuvent rester en Russie et s'y répandre victorieusement, protégés qu'ils sont par les droits que nous avons cités plus haut. Mais dès que la production de kérosine dépasse la consommation en Russie, il faut exporter, il faut donc faire des marchés de longue durée; il faut s'organiser contre la concurrence, et se faire entre propriétaires des concessions mutuelles aboutissant à une entente commune, chose dont sont absolument incapables les petits industriels tatars, persans, arméniens, qui forment une légion à Bakou, et qui, loin de s'entendre, ne cherchent qu'à se détruire les uns les autres en provoquant sans cesse des hausses et des baisses aussi artificielles que fantastiques.

Il faut ajouter à cela que les conditions industrielles de Bakou ne sont pas pour favoriser le pétrole russe dans la lutte. Les procédés d'exploitation ne sont pas des plus perfectionnés; le naphte est mal recueilli, il y a des pertes notables par coulage et par évaporation. Les procédés de distillation et de raffinage laissent aussi à désirer, si on les compare à ceux des Américains, très-étudiés, et d'ailleurs mal connus. De plus, la richesse des huiles russes en kérosine ne dépasse guère 30 à 40 p. 100, tandis que certains naphtes américains donnent jusqu'à 80 p. 100 d'huiles lampantes.

Enfin, la situation géographique de Bakou est tout à fait défavorable à l'exportation en Europe. Pour gagner la mer Noire, il n'y a pas en effet d'autre moyen de transport que le chemin de fer transcaucasien, ligne à une seule voie longue de 850 kilomètres et possédant des parties extrêmement difficiles à franchir, à l'ouest de Tiflis, où l'on rencontre des rampes de 40 millimètres, et des passages souvent obstrués par les neiges. Les tarifs de transport sont, comme nous l'avons vu, tellement élevés que les produits reviennent aussi cher à Batoum qu'à Moscou. Et s'ils étaient moins élevés, il serait matériellement impossible d'augmenter le trafic de la ligne de Bakou-Batoum au delà de ce qu'il est maintenant; l'exportation par là serait donc plus facile, mais ne serait guère plus abondante. L'administration des chemins de fer de l'État russe le sait bien, et ne tient nullement à abaisser ces tarifs, qui sont d'ailleurs très rémunérateurs et pourraient, paraît-il, être réduits de 20 p. 100 sans que les frais de tout ordre cessent d'être largement couverts. Si l'on joint à toutes ces difficultés celles auxquelles viennent se heurter les pétroles russes en abordant le marché européen (*), on comprendra que les kérosines qui arrivent à Batoum et qui ne restent pas en Russie, ne puissent entrer que dans les pays ottomans (Turquie d'Europe et d'Asie, et Égypte) et les Indes. Quant au mazout, son exportation est encore si difficile et son avenir si problématique, qu'il n'existe pas sur la mer Noire un seul navire qui l'emploie comme

(*) A toutes les causes qui viennent favoriser la concurrence américaine vient s'ajouter, en France, le mécanisme des droits de douane, qui sont établis sur la tonne de naphte brut sans avoir égard à sa qualité, dans une certaine mesure du moins. On comprend que les raffineurs français aient tout intérêt à préférer les naphtes de Pennsylvanie aux naphtes de Bakou, plus pauvres.

combustible. Seules, les huiles de graissage, produit coûteux et d'une fabrication délicate, peuvent s'exporter; c'est le seul produit de Bakou qui entre en France.

Les huiles lampantes et le mazout semblent donc être pour longtemps réservées à la Russie. L'excès de la production de Bakou, sur la consommation dans l'empire, semble être la principale cause de la crise actuelle, crise qu'ont fait éclater les circonstances accessoires que nous avons indiquées. Tant que l'industrie du naphte ne disposera pas d'autres moyens de transport que la ligne de Bakou-Batoum, l'exportation en grand des kérosines et du mazout sera à peu près impossible, et la production du naphte devra se régler sur la consommation en Russie. Et il faut reconnaître que le développement de la civilisation et de l'industrie dans toutes les parties de l'empire russe, en même temps que le déboisement et l'absence de houille, permettent de prédire aux produits de l'Apschéron le plus bel avenir.

Décembre 1891.

TABLE DES MATIÈRES

		Pages
Préliminaires		117
Chap. I.	Histoire du développement de Bakou jusqu'à l'époque actuelle	118
Chap. II.	Conditions et procédés d'exploitation	122
Chap. III.	Traitement du naphte; emploi du mazout pour la fabrication des huiles de graissage, et pour le chauffage des appareils à vapeur	129
Chap. IV.	Prix de revient, transports, impôts, etc. — Situation commerciale de Bakou	153

SUR LA

VENTE DES MINERAIS ET DU SULFURE D'ANTIMOINE

Par M. P.-L. BURTHE, ingénieur civil des mines.

I. — Les minerais d'antimoine se vendent, en général, par petits lots. Il n'existe pas actuellement, du moins en France (*), de mine produisant un tonnage régulier et suffisamment important pour justifier l'établissement de contrats de vente embrassant une période un peu longue

(*) En Europe, le Portugal et les pays riverains de la Méditerranée sont les principaux producteurs de minerais d'antimoine. Les mines les plus importantes du Portugal (Gondomar, Lixa, etc.) sont situées près d'Oporto : leurs minerais sont fréquemment aurifères. L'Espagne produit peu, bien qu'on connaisse des gisements en Estramadure. En Italie, principalement en Toscane, on extrait annuellement un tonnage à peu près égal à celui de la France. On a récemment ouvert en Serbie des filons près de Podrynie. Les mines d'Allemagne (près de Harzgerode; sur les bords du Rhin, près d'Arnsberg; à Hoffnung, près de Brück-sur-l'Ahr, cercle d'Adenau; près de Goldronach, dans les monts Fichtelgebirge) et d'Autriche-Hongrie (en Bohême et Styrie; en Hongrie, à Magurka, dans la chaîne granitique de Gumbir, et à Kremnitz, minerais aurifères) alimentent la consommation de ces pays. La production de l'Angleterre est nulle : on connaît des gisements à Wheal Boys (Devonshire) et Salstath (Cornwall). La mine de Glendinning, paroisse de Westkirk, Dumfrieshire, ouverte en 1788, est aujourd'hui complètement abandonnée.

La Corse est le département français dont la production est la plus élevée et la plus régulière, comme le montre le tableau n° 1 qui est un résumé des statistiques de l'industrie minérale. Les

de livraison et mettant en évidence l'influence des éléments du prix des minerais qui peuvent varier pendant cette période, principalement le cours du métal et la teneur. Il s'ensuit que trop souvent l'exploitant de mines français, dépourvu de renseignements précis sur les conditions ordinaires des ventes, ou de formule analogue à celles usitées dans le commerce des minerais de plomb, cuivre ou autres métaux d'un usage plus répandu, est embarrassé pour apprécier la valeur de ses produits ou des offres qui lui sont faites par les fondeurs. On compte en France, surtout en Auvergne, un nombre assez considérable de petits exploitants (*) hors d'état d'acquérir ces renseignements qui leur sont de première nécessité,

---

nombres fournis par ces statisques pour le territoire français sont certainement inférieurs à la réalité. Ils ne comprennent forcément que les produits des mines concédées et il est notoire en Auvergne que les paysans extraient sans concession ni permis de recherche ou de vente, un tonnage relativement important. L'Australie est riche en minerais d'antimoine, fréquemment aurifères; l'exploitation en est irrégulière La province de Victoria, qui produisait 2.627 tonnes en 1878, n'en fournissait que 35 en 1883; de 1851 à 1876, la valeur de sa production, tant en minerai qu'en métal, a dépassé 3 millions de francs. En 1883, les Nouvelles-Galles du Sud ont produit 357 tonnes de minerai et le Queensland 508, valant environ 270.000 francs.

Les gisements sont nombreux aux États-Unis, mais peu exploités. On en connaît principalement dans les États situés à l'ouest du Mississipi : dans l'Arkansas (comté de Sevier), dans l'Utah (comté de Iron), dans le Nevada (comté de Humboldt, minerai bismuthifère), en Californie (comté de Kern). La production indigène des États-Unis ne dépasse pas 60 tonnes de régule, fondues près d'Oakland, en Californie.

Le Canada exporte son minerai (5 à 600 tonnes) en Angleterre (mines de: West Gore, comté de Hants, Nouvelle-Écosse; Prince William, comté d'York, Nouveau-Brunswick).

Le Japon et Bornéo envoyaient jadis des quantités importantes de sulfure liquaté, entre 3 et 4.000 tonnes par an.

(*) En 1883, il existait en France et en Algérie trente-sept concessions d'antimoine réparties dans treize départements (voyez le tableau n° 2).

et la réunion de notions exactes sur un pareil sujet ne leur sera sans doute pas inutile.

II. — Le marché de l'antimoine métallique, ou régule d'antimoine, est à Londres. Le cours du métal y est coté en livres sterlings par tonne de 2.240 livres anglaises ou 1.016 kilogrammes (*). Sur ce cours s'établit un escompte de 2 1/2 p. 100, susceptible de s'abaisser jusqu'à 1/2 p. 100 (janvier et février 1890) ou de s'élever jusqu'à 3 p. 100, suivant que l'écoulement du métal est plus ou moins facile.

C'est en Angleterre également que les minerais ont le plus large débouché (**). Le sulfure naturel est le principal minerai du marché. Il a remplacé en grande partie le sulfure liquaté, ou *antimoine cru*, qui était, il y a quelques années, un produit courant, arrivant allégé de toute gangue des pays producteurs éloignés : Japon et Bornéo (***). Les sulfures naturels à 50 p. 100 de métal et au-dessus ne sont pas rares et sont considérés comme de première qualité. Une deuxième qualité est constituée par des minerais dont la teneur oscille entre 30 et 50 p. 100.

(*) La tonne anglaise pèse exactement 1.016^{kg},048. Dans les relations commerciales, on adopte généralement le poids de 1.015 kilogrammes, et cet usage a été suivi ici.

(**) Les principales fonderies anglaises sont celles de :

MM. Cookson et Cie, à Newcastle-on-Tyne.
Hallett et Fry, Johnson et Matthey, Pontifex et Wood, } à Londres.

La marque Cookson est considérée comme supérieure aux autres et obtient un prix plus élevé. Cependant elle ne vaut pas mieux que les bonnes marques françaises et aurait probablement peine à supporter la comparaison avec les produits d'Auvergne.

On estime la consommation annuelle du Royaume-Uni à 6 ou 8.000 tonnes de minerai dont la moitié environ est fondue pour régule.

(***) District de Sarawak supérieur.

Un minerai à 30 p. 100 est considéré comme très pauvre et trouve difficilement acheteur.

Les minerais oxydés (*), généralement moins riches que les minerais sulfurés, plus coûteux et plus difficiles à réduire lorsqu'ils sont traités isolément, obtiennent des prix moins élevés. Ainsi, le plus beau minerai oxydé connu, celui de la mine d'Hammimat (Constantine), s'est vendu en moyenne 300 francs la tonne, de 1876 à 1880. Pendant cette période, la valeur moyenne de la tonne de minerai sulfuré à 50 p. 100 a été de 450 francs.

Pour toute espèce de minerai, la pureté a une grande influence sur la valeur commerciale : l'arsenic et le plomb, même en très faible proportion, la diminuent considérablement; la pyrite de fer est aussi considérée comme nuisible, quoiqu'à un degré moindre.— Il ne sera question ici que des minerais purs.

III. *Conditions de vente anglaises.* — Les minerais sont vendus soit directement, soit, plus ordinairement, par l'intermédiaire de courtiers. La mine envoie un échantillon, de poids variable suivant la quantité de minerai mise en vente et rarement inférieur à 25 kilogrammes. Le fondeur en fait l'essai par une méthode analogue à celle du traitement employée dans son usine, de façon à obtenir, non pas la teneur réelle, mais le rendement métallurgique du minerai. Il règle sur ce rendement, sur l'aspect physique et la qualité du métal obtenu et sur ses

(*) Depuis quatre ou cinq ans, la quantité des minerais oxydés vendus a beaucoup augmenté. En 1889, on a expédié de Smyrne un tonnage notable de minerais oxydés, pulvérulents, titrant de 35 à 38 p. 100. On a signalé, également en Asie Mineure, près de Mitylène, un curieux minerai, qui, paraît-il, est abondant, mais doit être impossible à traiter par les méthodes en usage : c'est un antimoniure de cuivre à 73 p. 100 de cuivre et 27 p. 100 d'antimoine, dont la formule se rapproche par conséquent de $C^{11}Sb^{2}$.

conditions personnelles de travail le prix qu'il offre pour le minerai sec rendu à l'usine. Les termes ordinaires de la vente sont : paiement à 14 jours de l'arrivage du minerai à l'usine ; — *bon poids* de 12 livres anglaises par tonne de 2.240 livres, soit 5^k,3 par 1.000 kilogrammes ; — 2 1/2 p. 100 d'escompte. — La pesée et la prise d'essai sont faites à l'usine par les représentants des deux parties. Le fondeur porte en déduction de facture, pour les frais qu'entraînent ces opérations, une somme qui est ordinairement de 1^f,50 par 1.000 kilogrammes. L'emballage, sacs ou barils, reste au fondeur. — La teneur est déterminée par voie sèche soit par un essayeur choisi d'un commun accord, soit par les essayeurs habituels des deux parties.

Le tableau n° 3 présente un modèle de facture établi d'après ces conditions générales et les conditions particulières suivantes : en octobre 1889, le régule étant coté à Londres de £ 68 à £ 70 par tonne (1.690^f,06 à 1.739^f,77 par 1.000 kil.), un fondeur anglais offrait, pour une période de trois mois et pour des minerais :

De 50 à 45 p. 100 . . .	£ 25 pour le 50 p. 100 et 11 shillings de déduction par unité en moins de 50 p. 100.
De 45 à 30 p. 100 . . .	£ 25 pour le 50 p. 100 et 12 shillings de déduction par unité en moins de 50 p. 100.
De 30 p. 100 et au-dessous.	£ 25 pour le 50 p. 100 et 13 shillings de déduction par unité en moins de 50 p. 100.

ce qui, en mesures françaises, correspond à :

De 50 à 45 p. 100 . . .	621^f,35 par 1 000 kilogr. pour le 50 p. 100 et 13^f,67 de déduction par unité en moins de 50 p. 100.
De 45 à 30 p. 100 . . .	621^f,35 par 1.000 kilogr. pour le 50 p. 100 et 14^f,91 de déduction par unité en moins de 50 p. 100.
De 30 p. 100 et au-dessous.	621^f,35 par 1.000 kilogr. pour le 50 p. 100 et 16^f,15 de déduction par unité en moins de 50 p. 100.

Pendant cette période de trois mois, la moyenne des cours du régule a été £ 74 (1.839^f,18 par 1.000 kil.).

IV. — Le seul exemple parvenu, du moins à ma con-

naissance, d'une échelle de prix anglaise complète, c'est-à-dire tenant compte de la variation du cours du régule et de la teneur des minerais, est le contrat intervenu en 1887 entre la fonderie Cookson et C° et la New-Zealand Antimony C° (*). MM. Cookson achetaient à la compagnie, pour une période de cinq ans, 6.000 tonnes par an de minerai sulfuré à 70 p. 100 de métal, la compagnie s'engageant à livrer un minimum annuel de 2.000 tonnes à 50 p. 100, sous peine d'un dédit de 30 shillings par tonne manquant (37f,28 par 1.000 kil.).

Le prix des 6.000 tonnes était ainsi fixé : £ 10 par tonne de minerai à 50 p. 100 (248f,53 par 1.000 kil.) avec augmentation de 4 shillings (4f,97) par chaque unité au-dessus de 50 p. 100, ce prix correspondant au cours de £ 34 (845f,42 par 1.000 kil.) pour le régule. Pour chaque augmentation de 10 shillings (12f,42 par 1.000 kil.) dans la valeur du régule au-dessus de £ 34, le prix de la tonne de minerai était augmenté de 2 1/2 shillings (3f,10 par 1.000 kil.), et pour chaque diminution de 10 shillings dans la valeur du régule au-dessous de £ 34, le prix de la tonne de minerai était diminué de 5 shillings (6f,20 par 1.000 kil.).

La date des bulletins des essayeurs fixait la date de la livraison d'un lot, et le cours du régule applicable à ce lot était déterminé par la moyenne des cotes inscrites dans les circulaires hebdomadaires de MM. French et Smith et de MM. James et Shakespeare pendant les quatre semaines précédant la date de la livraison.

Le tableau n° 4 indique, dans sa première colonne, les cours du régule, et, dans sa deuxième colonne, les prix correspondants de la tonne de minerai à 50 p. 100 calculés d'après les termes de ce contrat. On voit qu'au cours de £ 74, le prix de la tonne ressortissait à £ 20

(*) *Mining Journal*, 10 décembre 1887.

(497f,07 par 1.000 kil.), présentant une différence en moins de £ 5 (124f,26 par 1.000 kil.) sur les prix (III).

On remarquera que, en fait, la valeur de la tonne de régule ou des 100 unités de métal augmentant de 10 shillings, la valeur de la tonne de minerai à 50 p. 100, ou des 50 unités de métal, augmente de moitié ou 5 shillings. D'après le contrat, le mineur, recevant 2 1/2 shillings d'augmentation par tonne de minerai, devait donc profiter de la moitié de la hausse au-dessus du cours de £ 34; il partageait celle-ci également avec le fondeur. Par contre, il subissait la totalité de la baisse au-dessous de ce cours de £34.

D'autre part, sur les prix de base de £34 par tonne de régule et £10 par tonne de minerai à 50 p. 100, le fondeur devait payer 4 shillings d'augmentation par unité en plus des 50. Le contrat omet d'indiquer la variation qu'aurait subie cette augmentation par unité par suite de la variation du cours du métal. Cependant, si l'on tient compte de ce que le prix de £10 ou 200 shillings pour le minerai à 50 p. 100 fait ressortir le prix de l'unité à 4 shillings, il paraît probable que la fonderie devait payer chaque unité en plus de 50 au même prix que celui de l'unité dans le minerai à 50 p. 100. Par exemple, au cours de £ 74 pour le régule correspond, pour le minerai à 50 p. 100, le prix de £20, qui fait ressortir le prix de l'unité à 8 shillings. La fonderie aurait sans doute payé 8 shillings chaque unité en plus des 50.

Ce contrat n'a du reste jamais été exécuté, sauf le paiement du dédit de 30 shillings par tonne.

V. — MM. Henry Bath et Sons publient à Londres une circulaire bimensuelle où l'on trouve, de loin en loin, en regard du cours du régule, les cours du sulfure liquaté et du minerai à 50 p. 100. Le tableau n° 6 présente un relevé de ces cours pendant les années 1889 et 1890.

On remarquera que le rapport entre les valeurs du sulfure à 72 p. 100 et du minerai à 50 p. 100 varie entre 1,5 et 2, la moyenne se rapprochant de 1,75.

VI. *Conditions de vente françaises.* — Les fonderies françaises dont le courant d'affaires est beaucoup moins important que celui des fonderies anglaises (*), n'ont pas de conditions de vente aussi régulièrement établies. L'écoulement des minerais n'y est pas assuré. Elles règlent en effet leurs offres et leurs achats beaucoup plus sur des circonstances purement locales et sur leurs besoins immédiats que sur la situation générale du marché. Jadis, elles se bornaient à offrir soit un prix ferme par tonne d'après la qualité de l'échantillon envoyé par la mine, soit un prix déterminé par unité entre des limites de teneur fixées. Depuis 1889, des progrès notables ont été accomplis dans la voie de l'établissement d'un commerce plus stable et d'échelles de prix variables suivant le titre du minerai et le cours du régule. Ainsi, une fonderie française proposait, à la fin de l'année 1891, les deux échelles suivantes :

(*a*) Pour des minerais sulfurés, rendant de 15 à 30 p. 100 de métal à l'essai par voie sèche, le prix de

---

(*) Au commencement du siècle, il existait des fonderies à Clermont, Riom, Orléans et Limoges. Aujourd'hui les fonderies de quelque importance sont réduites à trois : une à Alais (M. E. Beau), deux à Brioude (M. E. Châtillon et M. V. Giraud). La fonderie d'Alais traite par la méthode de précipitation par le fer des minerais importés de Corse, Italie et Algérie. Les fonderies de Brioude traitent surtout des minerais français soit par la méthode du fer, soit par grillage et réduction des oxydes. Ces fonderies ne suffisent pas à la consommation française, comme le montrent les tableaux nos 7 et 8 d'importation et d'exportation des minerais et régule. Il résulte de ces tableaux que la France exporte son métal sous forme de minerai et le réimporte sous forme de régule, principalement d'Angleterre, en laissant à l'étranger les bénéfices de la fusion.

l'unité était fixé à $5^f,36$, correspondant au cours de £ 65 pour le régule à Londres, ce prix de l'unité augmentant de $0^f,12$ pour chaque augmentation de £ 1 ($24^f,85$ par 1.000 kil.) du cours du régule.

(*b*) Pour des minerais sulfurés rendant de 40 à 50 p. 100 de métal à l'essai par voie sèche, le prix de l'unité était fixé à $9^f,86$, correspondant au cours de £ 66 ($1.640^f,35$ par 1.000 kil.) pour le régule à Londres, ce prix de l'unité augmentant de $0^f,22$ pour chaque augmentation de £ 1 du cours du régule.

On reviendra plus loin sur ces deux échelles de prix, et on se bornera pour le moment à constater la dépendance étroite du marché anglais où les fondeurs français se tiennent ou croient nécessaire de se tenir.

VII. — En 1889, un fondeur d'Auvergne offrait de traiter à façon les minerais sulfurés aux conditions suivantes :

1° Minerais au-dessus de 45 p. 100. — Déchet de 10 p. 100 sur la teneur constatée par voie sèche et 320 francs de frais de traitement par 1.000 kilogrammes de régule produit.

2° Minerai de 45 à 30 p. 100. — Déchet de 15 p. 100 et 400 francs de frais de traitement;

3° Minerai au-dessous de 30 p. 100. — Déchet de 25 p. 100 et 500 francs de frais de traitement.

VIII. *Établissement d'une formule.* — De ces éléments d'information on peut déduire un lien qui réunisse ces diverses conditions de vente, d'apparence assez variées.

Désignant par :

p le prix des 1.000 kilogrammes de minerai;
t la teneur en centièmes constatée par voie sèche;
$\frac{1}{a}$ le déchet de fabrication, a étant un nombre plus grand que l'unité;

c le cours du régule en francs par 1.000 kilogrammes;
f les frais de fusion et le bénéfice du fondeur par 1.000 kilogrammes de régule;

on voit que les conditions (VII) peuvent se résumer dans une expression de la forme... (VIII)

$$p = \frac{t}{100}\left(1 - \frac{1}{a}\right)(c - f).$$

On ramène facilement à cette formule les conditions (VI).

Prenons l'échelle (VI-b) et appliquons la à un minerai à 40 p. 100, le cours du régule étant supposé de £ 66. Les 1.000 kilogrammes de minerai vaudront

$$9{,}86 \times 40 = 394^f{,}40.$$

On obtiendra un résultat à peu près identique par la formule (VIII) en en déterminant les éléments de la façon suivante : conversion des livres sterlings en francs au change de 25f,20 par livre; — déduction de 4 p. 100 pour ramener le cours du régule par tonne anglaise à Londres au comptant et aux 1.000 kilogrammes; — déduction de 500 francs par 1.000 kilogrammes de régule pour frais de fusion et bénéfice du fondeur; — déchet de 10 p. 100 sur la teneur.

En effet, le cours est de £ 66, soit en francs 25,20 × 66 =	1.663f,20
A déduire : 4 p. 100 ou	66 ,52
Cours c à appliquer	1.596f,68
A déduire : frais de fusion	500 ,00
Prix des 100 unités	1.096f,68
Teneur 40 p. 100 : déduction de 10 p. 100 : teneur à appliquer	0 ,36
Valeur des 1.000 kilogrammes de minerai. .	394f,80

Si on donne aux différents termes de la formule (VIII) les valeurs des conditions (VII), en admettant la conver-

sion de la livre sterling au change fixe de 25^f,20, on trouvera pour valeur des 1.000 kilogrammes de minerai à 40 p. 100 et au cours de £ 66, $p = 406^f,87$ au lieu de 394^f,40 et 394^f.80 trouvés ci-dessus. Ces conditions (VII) donnent donc un prix un peu plus avantageux pour le mineur que l'échelle (VI-*b*) pour une teneur de 40 p. 100. Mais l'écart des prix augmente avec la teneur et devient considérable quand on se rapproche de la teneur-limite de 50 p. 100. Ainsi pour une teneur de 0,49, les conditions (VII) donnent 563^f,01 pour le prix de 1.000 kilogrammes de minerai, et l'échelle (VI-*b*) 483^f,14 seulement, soit une différence de 79^f,87 par 1.000 kilogrammes ou environ 19 p. 100.

L'explication d'un pareil écart se trouve sans doute dans le fait qu'un fondeur qui traite à façon (VII) et par conséquent évite tout risque commercial en même temps qu'il emploie un fonds de roulement plus restreint, peut se contenter d'un bénéfice moindre que le fondeur qui travaille à ses risques et périls.

Il est facile de voir que l'échelle (VI *a*) est calculée sur les mêmes bases que l'échelle (VI-*b*). On a trouvé plus haut que cette dernière échelle, pour le cours de £ 66 par exemple, fait ressortir la valeur de 100 unités de métal à 1.096^f,68, soit 10^f,96 pour l'unité. La moitié de cette somme, ou 5^f,48, donne précisément le prix de l'unité de l'échelle (VI-*a*). Celle-ci, réduite en formule, prend donc la forme

$$p = \frac{t}{100} \frac{1}{2} (c - f),$$

c'est-à-dire qu'elle est identique à la formule (VIII) dans laquelle on ferait $\frac{1}{a} = \frac{1}{2}$.

Appliquée à un minerai à 20 p. 100, l'échelle (VI-*a*) donne pour les 1.000 kilogrammes une valeur $p = 109^f,68$, tandis que les conditions (VII) donneraient à ce même

minerai une valeur $p = 164^{f},60$, soit un écart de 50 p. 100 provenant de la valeur exagérée attribuée à la perte au feu, et qui n'est justifié cette fois ni par les frais de traitement ni par les risques commerciaux.

IX. — Sans entrer ici dans le détail de calculs fastidieux, je dirai que les prix offerts par les fondeurs anglais pour le minerai à 50 p. 100 paraissent établis sur la même formule (VIII), en y faisant $\frac{1}{a} = \frac{1}{10}$ et $f = £\,18$, soit $447^{f},37$ par 1.000 kilogrammes, lorsque le marché est stable et le cours du régule supérieur à £ 50 ($1.242^{f},69$ par 1.000 kilogrammes). Les écarts que l'on constaterait entre les valeurs du minerai données par l'application de la formule et celles consignées au tableau n° 6, par exemple, proviennent de circonstances spéciales : une diminution apparente de la valeur de f tiendra à une hausse du régule prévue par les fondeurs, et une augmentation de f à une baisse future.

Lorsque le cours du régule est inférieur à £ 50, les fondeurs réduisent certainement cette valeur de f, qui comprend les frais de fusion et leurs bénéfices. Comme cette réduction ne peut porter que sur les bénéfices, ils ne la consentent pas facilement. Mais il n'est pas douteux qu'ils puissent le faire, comme le prouve le contrat Cookson-New-Zealand Antimony C° (IV), où les prix payés pour le minerai à 50 p. 100 faisaient ressortir la valeur de f à

£ 11 : 15 : 16	($292^{f},65$ par 1.000^{kg})	pour le cours de	£ 34	($845^{f},93$ pour 1.000^{kg})
13 : 11 : 11	(337 ,90 id.)	id.	38	(944 ,44 id.)
15 : 6 : 8	(381 ,09 id.)	id.	42	(1.043 ,86 id.)
17 : 2 : 2	(425 ,20 id.)	id.	46	(1.143 ,27 id.)

On ne saurait espérer de pareilles réductions de la valeur de f pour de petites livraisons irrégulières, et il est fort plausible que, dans le cas cité, le fondeur ait été

décidé à les concéder par la certitude que le mineur serait hors d'état de livrer un tonnage aussi considérable que celui des 6.000 tonnes prévues au contrat. Mais entre les cours de £ 30 et £ 50 ($745^f,61$ et $1.242^f,69$ par 1.000 kil.) la valeur de f devrait être ramenée entre £ 14 et £ 18 ($347^f,95$ et $447^f,37$), car les frais de traitement réels ne dépassent pas £ 10 ($248^f,53$ par 1.000 kil.) par tonne de régule raffiné (*).

X. — La même formule (VIII) est applicable aux minerais vendus en Angleterre, dont le titre est inférieur ou supérieur à 50 p. 100, en y donnant à $\frac{1}{a}$ les valeurs du tableau n° 5.

Si, par exemple, on prend les conditions (III) et qu'on calcule les prix du minerai, d'une part suivant les offres du fondeur, et, d'autre part, suivant la formule (VIII), en y faisant $f = £ 18$ ($447^f,37$ par 1.000 kil.), $c = £ 74$ ($1.839^f,18$ par 1.000 kil.) et en y donnant à $\frac{1}{a}$ les valeurs du tableau n° 5 suivant les teneurs, les différences des résultats sont insignifiantes et varient de $0^f,31$ à $4^f,97$ par 1.000 kil., la différence moyenne étant de $1^f,44$ environ.

(*) Ce prix de revient est celui d'une fonderie travaillant du minerai à 50 p. 100, à trois feux au moins et pendant six jours effectifs par semaine, c'est-à-dire produisant au moins 2 tonnes de régule raffiné par semaine :

Main-d'œuvre : fondeurs, raffineurs, etc.	$75^f,87$
Creusets	27 ,36
Coke	34 ,83
Fondants	31 ,10
Vieux fer	41 ,05
Nettoyage des lingots, emballage, gants, brosses.	18 ,66
Réparations au four	6 ,02
Moules et outils	6 ,40
Pesage, frais d'expédition	4 ,77
Transport par voiture et divers	2 ,40
Total	$248^f,53$

Les déchets du tableau n° 5 sont énormes pour les minerais à basse teneur : ils sont comparables à ceux (VIII) des fonderies françaises. Mais, en Angleterre, ils sont justifiés par la méthode de traitement suivie qui ne s'applique économiquement qu'aux minerais riches, et ils ne le sont pas en France où la métallurgie des minerais à basse teneur est beaucoup plus avancée.

XI. — Le mineur qui voudra disposer de son minerai, en France ou en Angleterre, pourra donc toujours se faire une idée approximative de sa valeur en employant la formule (VIII).

Pour une vente en Angleterre, il faudra, dans cette formule, donner à $\frac{1}{a}$ la valeur du tableau n° 5 correspondante à la teneur constatée, et à f des valeurs comprises entre £ 14 et £ 18 (347f,95 et 447f,37 par 1.000 kil.). La comparaison du prix p ainsi calculé et du prix qui sera offert par la fonderie éclairera le mineur sur la valeur de l'offre, sur les chances de hausse ou de baisse du métal, et par conséquent sur la convenance d'accepter ou de rejeter le prix offert.

Pour une vente en France, la valeur de $\frac{1}{a}$ ne devrait dépasser 0,30 en aucun cas, et on resterait dans des limites encore très avantageuses pour le fondeur en déduisant

9 p. 100	de la teneur par voie sèche	pour les minerais	de	55 p. 100 et au-dessus
10	id.	id.	id.	50 à 55 p. 100
11	id.	id.	id.	45 à 50 id.
15	id.	id.	id.	40 à 45 id.
18	id.	id.	id.	35 à 40 id.
20	id.	id.	id.	30 à 35 id.
25	id.	id.	id.	30 p. 100 et au-dessous

La valeur de f variera entre 350 et 500 francs, suivant les circonstances locales.

Quant au cours *c* à appliquer, du moment qu'on s'en réfère aux cotes de Londres, il ne devrait pas être simplement la transformation de ce cours de Londres au change fixe de 25f,20 pour £ 1 avec déductiou de 4 p. 100. Il devrait correspondre au cours du métal anglais rendu à Paris où est le marché français. Or, le métal anglais supporte, pour y venir, de 20 à 30 francs par 1.000 kilogrammes de frais de transport, courtage, etc., et un droit de douane de 60 francs par 1.000 kilogrammes. — Ainsi, le cours de £ 50 à Londres donne une valeur de 1.212 francs par 1.000 kilogrammes d'après les échelles françaises (VI *a*) et VI *b*). En réalité, le métal, coté £ 50 par tonne à Londres, revient, rendu à Paris, à 1.212 + 20 + 60 = 1.292 francs au moins par 1.000 kilogrammes. Il serait juste de déduire de ce prix les frais de transport du régule depuis la fonderie française qui le produit jusqu'à Paris; mais ces frais ne dépassent pas 18 francs par 1.000 kilogrammes. En y ajoutant, en faveur de la fonderie, 3 p. 100 pour frais de vente, courtage, etc., soit 38f,76 par 1.000 kilogrammes au cours ci-dessus, il conviendrait donc de déduire : 18 + 38f,76 = 56f,76 du prix de 1.292 francs, ce qui fait ressortir les 1.000 kilogrammes de régule à Paris à 1.235f,24 au lieu de 1.212 francs, soit une différence de 23 francs en faveur du mineur.

On ne perdra pas de vue, et il est superflu d'insister sur ce point important, que ces calculs et ces indications ne peuvent être que des éléments d'appréciation, et qu'en aucun cas une formule ne remplacera l'intelligence commerciale.

XII. — Contrairement aux habitudes anciennes, les mines françaises, surtout les mines d'Auvergne, n'envoient plus sur le marché qu'une faible quantité de sulfure liquaté, et, quand elles livrent ce produit, c'est plu-

tôt aux négociants en produits chimiques pour l'emploi direct de cette matière qu'aux fondeurs pour en extraire le régule. Les prix du sulfure indiqués au tableau n° 6 sont ceux que paient les fondeurs. On peut les calculer, comme ceux des minerais, par la formule (VIII), en y faisant $\frac{1}{a} = 0{,}06$, $t = 72$, et en donnant à f une valeur comprise entre £ 8 et £ 10 (198f,48 et 248f,53 par 1.000 kil.). La méthode de précipitation par le fer permet en effet d'obtenir couramment 68 d'antimoine d'un sulfure à 72 p. 100, et les frais de traitement varient entre 100 et 125 francs par tonne.

XIII. — L'écart entre les prix du minerai et du sulfure liquaté paraît assez considérable pour que le mineur ait intérêt à liquater son minerai. Cette opération était pratiquée couramment en Auvergne, il y a encore peu d'années. Elle se faisait dans des pots quelquefois renfermés dans un four, mais le plus souvent disposés en plein air, c'est-à-dire dans de très mauvaises conditions économiques (*). Les frais ne s'élevaient pas à moins de 100 francs par tonne de sulfure liquaté d'un bon minerai rendant en moyenne de 0,40 à 0,55 (*). Ils augmentent rapidement en même temps que la teneur du minerai diminue : la liquation d'un minerai quartzeux rendant de 0,18 à 0,20 d'antimoine cru coûte au moins

(*) Voyez : Gensaune, *Fonte des mines*, Paris, 1770; Scopoli, *Anfangsgrund der Metallurgie*, Mannheim, 1789; Lippi, *Promotion des sciences utiles*, 1806, p. 43; Hassenfratz, *Journal des mines*, n° 54, p. 459 à 471; Héron de Villefosse, Pl. LXIII, *fig.* 16 et 17; Berthier, *Annales des mines;* Jabin, *Annales des mines*, 1827, t. I.

(**)

Houille	12 à 1.500kg à 25f pour 1.000kg.	30	à	36f,50
Pots et assiettes	50 à 0f,60 et 0f,70 pièce	30	à	35,00
Main-d'œuvre environ.	10 journées à 3f,50	35	à	35,00
Total		95	à	106f,50

150 à 180 francs par tonne obtenue. Un minerai rendant moins de 0,15 de sulfure n'est pas liquatable; son sulfure ne se dégage pas de la gangue.

L'emploi d'appareils mieux appropriés que des pots en plein air au traitement d'une matière aussi volatile que le sulfure d'antimoine abaisserait notablement les frais de traitement. D'après Jabin, dans le fourneau à coulisses, autrefois employé à Malbosc, la liquation d'un minerai rendant 0,40 de sulfure, coûtait 30f,68 par tonne de sulfure; sur les mêmes données, elle coûterait aujourd'hui en Auvergne 52f,30, soit environ moitié de ce qu'elle coûte avec les dispositions vicieuses en usage (*).

Des appareils convenables auraient en outre l'avantage de réduire la perte par volatilisation, élément de dépense considérable dont il n'est pas tenu compte ci-dessus et qu'aucun exploitant n'a jamais cherché, que je sache, à déterminer exactement. Berthier l'évalue au cinquième et peut-être au quart de la teneur, lorsqu'on liquate dans des pots chauffés au four. Des chambres de condensation diminueraient cette perte énorme. Mais de pareilles constructions, si modestes qu'elles soient, exigent des dépenses hors de proportion avec les ressources dont disposent les ouvriers tâcherons, qui sont les vrais exploitants des mines d'Auvergne. Quand on liquate en plein air, les pertes de toute espèce (volatilisation, rupture de pots, sulfure restant engagé dans la gangue, etc.) ne descendent probablement jamais au-dessous de 0,25 ou 0,30 de la teneur.

XIV. — Si on désigne par V la valeur d'une tonne de

(*) Jabin indique pour une production de 23.471 kilogrammes :

			soit par tonne :	
Houille grosse et menue. .	15.000kg à 20f.	300f	640kg à 20f. . .	12f,80
Main-d'œuvre.	240 journées à 1f,50. .	360	10j,2 à 1f,50. .	15 ,33
Entretien du four, outils, etc.		60	. . . .	2 ,55
Total.		720f	. . . .	30f,68

minerai à teneur θ; par V′ la valeur d'une tonne de sulfure liquaté; par F les frais de liquation par tonne de sulfure et par T les frais de transport de la tonne de la mine à la fonderie; — la valeur de la tonne de minerai sur le carreau de la mine sera V—T. Cette tonne de minerai rendra à la liquation un poids $\left(1-\frac{1}{k}\right)\frac{\theta}{72}$ de sulfure, k étant un nombre plus grand que l'unité, et ce poids de sulfure vaudra, sur le carreau, $\left(1-\frac{1}{k}\right)\frac{\theta}{72}$ (V′—F—T). Le bénéfice de la liquation sera donc :

$$\left(1-\frac{1}{k}\right)\frac{\theta}{72}(V'-F-T)-(V-T),$$

ou, en posant

$$\frac{V}{V'}=\frac{1}{m},$$

m étant un nombre plus grand que l'unité,

$$V'\left[\left(1-\frac{1}{k}\right)\frac{\theta}{72}-\frac{1}{m}\right]-\left[\left(1-\frac{1}{k}\right)\frac{\theta}{72}(T+F)+T\right].$$

On voit que la première condition qui doit être remplie pour qu'il y ait bénéfice est que la relation

$$\left(1-\frac{1}{k}\right)\frac{\theta}{72}>\frac{1}{m},$$

soit satisfaite.

On a vu (V) que, pour $\theta=50$, le valeur de $\frac{1}{m}$ varie entre 0,45 et 0,60, la moyenne étant 0,571. Il s'ensuit que, pour être liquaté avec bénéfice, un minerai à 50 p. 100 ne devrait pas subir à la liquation une perte supérieure à 17,8 p. 100. On peut affirmer qu'en Auvergne cette condition a été rarement remplie dans la liquation en pots chauffés au four et qu'elle ne l'était jamais dans la liquation en plein air. Cette opération, telle qu'elle était

effectuée, était donc en général contraire aux intérêts de l'exploitant qui aurait eu tout avantage à vendre ses minerais riches. — Quant aux minerais pauvres, à teneur de 30 p. 100 par exemple (valeur de θ pour laquelle $\frac{1}{m}$ varie entre 0,22 et 0,35), leur liquation ne donnerait de bénéfices certains que si elle était effectuée dans des appareils bien construits et munis de chambres de condensation.

XV. — Berthier avait été si frappé de la grandeur des pertes à la liquation sur les mines de la Licoulne (Haute-Loire) qu'il proposait, dès 1817, de lui substituer la préparation mécanique. Son conseil n'a pas été suivi. Les tâcherons exploitants n'avaient ni les moyens pécuniaires, ni les connaissances techniques suffisantes pour installer un atelier de lavage. — D'autre part, ni les fondeurs, ni les propriétaires des mines n'avaient intérêt immédiat à les guider dans cette voie; les premiers préférant traiter le sulfure liquaté, matière pure et de composition régulière; les seconds préférant acheter ce sulfure à leurs fermiers tâcherons à prix fixe (*) parce qu'ils connaissaient la valeur et la qualité du produit qui leur était livré sans contestation possible sur la teneur.

Il faut ajouter que la préparation mécanique des minerais d'antimoine pauvres est une opération que rendent délicate la disposition ordinaire du minerai dans sa gangue et sa forme cristalline. — Le sulfure est disséminé en aiguilles très fines dans une gangue dure qui est généralement un quartz bleuâtre ou presque noir. Pour l'en dégager, il faut broyer fin, et, comme la matière utile est très fragile, ce broyage donne beaucoup de boues. — Le sulfure, dans ses plus petits morceaux,

(*) Environ 400 francs la tonne.

garde sa forme cristalline en prismes dont la longueur est très grande par rapport aux dimensions transversales, ce qui rend difficiles le classement par grosseur et le criblage.

Ces diverses circonstances expliquent pourquoi la préparation mécanique des sulfures d'antimoine a été négligée en France (*), où elle est réduite au passage des menus de mine sur un crible à secousses, mû à bras d'homme. Il est peu probable qu'elle s'y développe et, suivant toute apparence, elle restera bornée au traitement de ces menus et des petites veinules de minerai massif, non triables à la main, qui sillonnent fréquemment les schistes au toit des filons. Elle ne présente plus, du reste, un intérêt bien vif depuis que les fondeurs français traitent des minerais pauvres à 0,07 et 0,08 de métal. C'est là un grand progrès dû à l'initiative de M. E. Châtillon, fondeur à Brioude. Pour qu'il portât tous les fruits que le mineur est en droit d'en attendre, il faudrait que mineurs et fondeurs tombassent d'accord sur des méthodes d'essai des minerais à l'abri de toute critique.

XVI. — Les fondeurs anglais, qui emploient dans le traitement des minerais la méthode de précipitation par le fer suivent cette même méthode dans leurs essais. Elle est acceptable pour des minerais riches bien qu'elle donne des résultats variant de plus d'une unité, suivant qu'on emploie le fer à l'état de limaille mélangée au minerai et aux fondants ou à l'état de lame trempant dans le bain en fusion. Dans le premier cas, le bouton obtenu

(*) Parmi les essais tentés à l'étranger, on peut citer la préparation mécanique de la Lake George Antimony C°, au Canada (voyez : Arthur F. Wendt, *Engineering et Mining Journal*, du 3 décembre 1873).

est un peu ferrugineux ; dans le second, il l'est moins, quoiqu'il le soit encore, mais la durée de l'opération est sensiblement plus longue et les pertes par volatilisation plus grandes.

Il serait préférable à tous égards de recourir à la voie humide, comme l'ont proposé Berthier et, tout récemment, M. l'ingénieur en chef des mines Carnot (*). La voie humide présente pour le fondeur cet inconvénient de ne lui fournir aucun renseignement sur la qualité du régule qu'il obtiendra du minerai essayé, lorsque ce minerai ne lui est pas encore connu; mais un essai latéral par voie sèche remédierait facilement à ce défaut.

L'adoption de la voie humide, quelle que soit la méthode adoptée, entraînerait la fixation d'un déchet équitable à allouer au fondeur pour la perte au feu. Actuellement les éléments d'une pareille détermination font défaut. Je puis dire pourtant, d'après des essais contradictoires faits sur des minerais de bonne qualité et de teneurs variées, que le dosage par voie humide suivant la méthode décrite dans la *Docimasie* de Rivot, donne des résultats supérieurs de 3 à 5 unités à ceux de la méthode de précipitation par le fer, suivant la richesse du minerai essayé.

XVII. — Il est généralement admis en Auvergne que les petits entrepreneurs de mines ne peuvent exploiter les filons de ce pays quand la valeur du sulfure liquaté est inférieure à 400 francs par 1.000 kilogrammes. D'après les conditions (XII) les fondeurs achèteraient le sulfure à ce prix lorsque le métal vaut environ 800 francs la tonne. Ce serait donc là la limite inférieure de la valeur que doit avoir le métal pour être exploitable en Auvergne. Elle correspond à £ 32 par tonne anglaise, cours très bas et

(*) Voyez : *Annales des mines*, mars 1892.

qui, dans ces quinze dernières années, n'a été atteint qu'en 1886 et 1887 (*).

En admettant 0,40 pour la teneur moyenne des minerais soumis à la liquation, et, pour la perte, 0,20 de la teneur, — une tonne de minerai rendrait $0^T,444$ de sulfure liquaté. Autrement dit, il faudrait $2^T,252$ de minerai pour produire 1 tonne de sulfure. — Si du prix de 400 francs on déduit les frais de liquation (100 francs par tonne de sulfure), il reste 300 francs pour les frais d'exploitation des $2^T,252$ de minerai. Celui-ci coûterait donc 133 francs par tonne.

(*) Le cours du régule à Londres a varié :

En 1875 de	£ 50 à 59	En 1880 de	£ 75 à 60	En 1885 de	£ 39 à 35
1876	69 à 55	1881	60 à 55	1886	35 à 29 1/2
1877	50 à 18	1882	55 à 42	1887	30 à 40
1878	48 à 50	1883	36 à 40	1888	50 à 39
1879	50 à 70	1884	40 à 45	1889	45 à 75

TABLEAU N° 1. — **Production des minerais d'antimoine en France.**

DATES	AUVERGNE	ALGÉRIE	CORSE	AUTRES départements	TOTAL
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
1860	50,0	»	347,7	8,8	406,5
1861	4,0	»	210,0	16,0	230,0
1862	26,8	»	88,2	»	115,0
1863	14,1	»	?	8,2	22,3
1864	24,1	»	54,8	»	78,9
1865	26,6	»	86,5	»	113,4
1866	14,3	»	76,9	»	91,2
1867	12,3	»	81,0	»	93,3
1868	8,0	»	65,3	»	73,3
1869	17,2	»	86,9	»	104,1
1870	19,6	»	45,9	»	65,5
1871	11,2	»	102,3	»	113,5
1872	10,9	»	116,4	5,0	132,5
1873	9,0	»	62,0	8,0	79,0
1874	16,0	»	161,0	»	187,0
1875	20,0	»	202,0	1,0	223,0
1876	151,0	25,0	230,0	2,0	408,0
1877	94,0	260,0	303,0	6,0	663,0
1878	125,0	415,0	428,0	»	1.168,0
1879	91,0	582,0	466,0	85,0	1.224,0
1880	103,0	567,0	1.042,0	69,0	1.781,0
1881	260,0	457,0	960,0	412,0	2.089,0
1882	245,0	286,0	819,0	9,0	1.359,0
1883	323,0	126,0	580,0	30,0	1.059,0
1884	74,0	0,7	583,0	»	657,7
1885	»	»	536,0	»	536,0
1886	»	»	247,0	»	247,0
1887	140,0	»	185,0	16,0	341,0
1888	203,0	»	506,0	80,0	789,0

La production désignée sous la rubrique Auvergne est celle des trois départements : Puy-de-Dôme, Cantal, Haute-Loire, qui ont été découpés dans l'ancienne province d'Auvergne. Le département de la Haute-Loire est le plus productif des trois.

La production algérienne est celle de la mine d'Hammimat, département de Constantine. Cette mine produit exclusivement des oxydes riches. Des difficultés juridiques, et non l'épuisement des minerais, en ont suspendu l'exploitation depuis 1884.

Les autres départements producteurs sont : l'Ardèche, la Corrèze, le Gard, la Lozère et la Vendée.

TABLEAU N° 2. — Liste des concessions d'antimoine en 1883.

DÉPARTEMENTS	NOMS DES CONCESSIONS	DATE des concessions	SUPERFICIE concédée		
			km²	hect.	a.
Allier	Lafond	1829	»	90	50
Ardèche	Malbosc	1816-1840	6	20	»
Aude	La Bousole	1838	»	37	»
Cantal	La Croix-d'Astrie	1813-1823	»	72	76
	Luzer	1861	»	90	»
	Ouche	1826	1	70	»
Corrèze	Chanac	1878	5	55	25
Corse	Ersa	1851	2	22	»
	Luri-Castello	1863	6	52	»
Creuse	Villeranges	1824	1	79	68
Gard	Auzonet	1832	7	30	»
	Le Martinet-de-Villeneuve	1833	»	93	54
	Fraissinet	1838	1	60	»
Haute-Loire	Barlet	1849	4	14	»
	Chazelles	1839	9	70	»
	La Fage	1861	3	»	»
	Freycenet	1855	2	32	»
	La Licoulne et la Bessade	1817	15	40	»
	Fromenty	1842	3	»	»
	Lubilhac	1836	8	10	»
	Moulergues	1866	»	93	»
	Promeyrat	1879	»	»	»
Lozère	Cassagnas	1832	6	24	»
	Collet-de-Dèze	1822	14	3	»
	La Coupette et Avelac	1845	5	60	»
	Le Rouve et Salpéran	1840	12	26	»
	Saint-Michel-de-Dèze	1822	16	71	»
	Terraillon	1832	3	27	»
	Vieljouve	1840	5	16	»
Puy-de-Dôme	Anglebas	1819	10	10	»
	Anzat-le-Luguet	1821	6	41	»
	Le Bois-de-Saint-Sauves	1843	5	41	»
	Chaumadoux	1828	1	40	»
	Messeix	1832	»	51	»
Vendée	Le Boupère	1883	13	11	»
	La Véronière	1880	11	54	»
Constantine	Hammimat	1854	11	19	»

TABLEAU N° 3. — Facture simulée à un lot de 100 tonnes de minerai à 55 p. 100, rendu franco en rivière à Londres.

			Traduction.		
	tonn. cwt. qr. lbs			kilogr.	
200 barils, poids brut	100 : 0 : 0 : 0			101.594	
Tare	8 : 0 : 0 : 0			8.127	
Poids net	92 : 0 : 0 : 0			93.746	
Bon poids : 12lbs par tonne	9 : 3 : 12			501	
	91 : 10 : 0 : 16			92.966	
Humidité : 10 p. 100 sur 92 tonnes	1 : 3 : 10			93	
Poids sec à facturer	91 : 8 : 1 : 6			92.873	
A £ 25 par tonne à 50 p. 100 de métal			A 621f,35 pour le 50 p. 100		
Titre. . . 55			Titre. . 55		
£ 2 : 15 pour. . 5 unités à 11 sh.			68,35 pour. . 5 unités à 13f,67		francs
£ 27 : 15 par tonne à 55 p. 100 de métal		£ 2.536 : 15 : 5	689f,70 par tonne à 55 p. 100		64.054,50
Escompte : 2 1/2 p. 100		63 : 8 : 4			1.601,36
		£ 2.473 : 7 : 1			62.453,14
Frais : pesage à l'usine, 1sh 2d par tonne sur 100		5 : 16 : 8			145,20
Montant de la facture		£ 2.467 : 10 : 5			62.307,94

TABLEAU N° 4. — **Contrat Cookson. — New Zealand Antimony C°.**

COURS du régule en livres sterlings	VALEUR du minerai à 50 p. 100 en livres sterlings	COURS du régule en francs par 1.000^{kg}	VALEUR du minerai à 50 p. 100 en francs par 1.000^{kg}	COURS du régule en livres sterlings	VALEUR du minerai à 50 p. 100 en livres sterlings	COURS du régule en francs par 1.000^{kg}	VALEUR du minerai à 50 p. 100 en francs par 1.000^{kg}
£ 30	£ 8 : 0	745,61	198,83	£ 52	£ 14 : 10	1.292,40	360.38
31	8 : 10	770,47	211,25	54	15 : 0	1.342,11	372,80
32	9 : 0	795,32	223,68	56	15 : 10	1 391,80	385,23
33	9 : 10	820,17	236,11	58	16 : 0	1.441,52	397,66
34	10 : 0	845,03	248,53	60	16 : 10	1.491,23	410,08
				62	17 : 0	1.540,94	422,51
				64	17 : 10	1.590,64	434,94
£ 36	£ 10 : 10	894,74	260,96	66	18 : 0	1.640,35	447,37
38	11 : 0	944,44	273,39	68	18 : 10	1.690,06	459,79
40	11 : 10	994,15	285,81	70	19 : 0	1.739,77	472,22
42	12 : 0	1.043,86	298,24	72	19 : 10	1.789,48	484,65
44	12 : 10	1.093,57	310,67	74	20 : 0	1.839,18	497,07
46	13 : 0	1.143,27	323,10	76	20 : 10	1.888,89	509,50
48	13 : 10	1.192,98	335,52	78	21 : 0	1.938,60	521,93
50	14 : 0	1.242,69	347,95	80	21 : 10	1.988,31	534,35

TABLEAU N° 5. — **Valeurs de $\frac{1}{a}$ (formule VIII), déchet de traitement pris par les fonderies anglaises.**

TENEUR en centièmes	VALEUR de $\frac{1}{a}$ en centièmes	TENEUR en centièmes	VALEUR de $\frac{1}{a}$ en centièmes	TENEUR en centièmes	VALEUR de $\frac{1}{a}$ en centièmes	TENEUR en centièmes	VALEUR de $\frac{1}{a}$ en centièmes
60	9	50	10	40	15	30	28
59	9	49	11	39	15	29	29
58	9	48	11	38	16	28	30
57	10	47	11	37	17	27	33
56	10	46	11	36	17	26	35
55	10	45	11	35	18	25	37
54	10	44	13	34	19	24	40
53	10	43	13	33	20	23	43
52	10	42	14	32	21	22	45
51	10	41	14	31	21	21	50

TABLEAU N° 6. — Circulaire H. Bath et Sons.

Cours à Londres du régule, du sulfure et du minerai d'antimoine à 50 p. 100.

DATES	COURS du régule en liv. sterl.	VALEUR du sulfure en liv. sterl.	VALEUR du minerai à 50 p. 100 en liv. sterl.	COURS du régule en francs par 1.000 kilogr.	VALEUR du sulfure en francs par 1.000 kilogr.	VALEUR du minerai à 50 p. 100 en francs par 1.000 kilogr.
1888						
Août 25	38 à 40	21 à 22	10 à 10 1/2	944,44 à 994,15	521,93 à 546,78	248,53 à 260,96
Sept. 8 — 22	39 à 42	21 à 22	10 à 10 : 5	969,30 à 1.043,86	521,93 à 546,78	248,53 à 254,75
Oct. 20	40 à 43	22 à 23	11 à 12	994,15 à 1.068,71	546,78 à 571,63	273,39 à 298,24
Nov. 10	43 à 44	23 1/2 à 24	12 à 14	1.068,77 à 1.093,57	584,06 à 596,49	298,24 à 347,95
Déc. 1er — 18	44	23 1/2 à 24	12 à 14	1.093,57	584,06 à 596,49	298,24 à 347,95
1889						
Janv. 2	44	23 1/2 à 24	12 à 14	1.093,57	584,06 à 596,49	298,24 à 347,95
— 16	44 : 10	23 1/2 à 24	12 1/4 à 14 1/4	1.105,99	584,06 à 596,49	304,46 à 354,16
Fév. 2	45 à 47	27 à 29	15 à 16	1.118,42 à 1.168,13	671,05 à 720,76	372,80 à 397,66
— 16 Mars 16	47 à 49	27 à 29	15 à 16 15 à 16 1/2	1.168,13 à 1.217,84	671,05 à 720,76	372,80 à 397,66 372,80 à 410,08
Avril 2 — 16	48 à 50	26 à 29	16 à 17 1/2	1.192,98 à 1.242,69	646,20 à 720,76	397,66 à 434,94
Mai 16	50 à 52	26 à 29	16 1/2 à 17 1/2	1.242,69 à 1.292,40	646,20 à 720,76	410,08 à 434,94
Juin 18	57 à 58	30	17 à 19	1.416,67 à 1.441,52	745,61	422,51 à 472,22
Juill. 2	60 à 62	31	18 à 20	1.491,23 à 1.540,94	770,47	447,37 à 497,08
Sept. 3	66 à 67	33 à 35	21 à 23	1.640,35 à 1.665,21	820,17 à 869,88	521,93 à 571,23
Oct. 16	68 à 70	38 à 42	21 à 24	1.690,06 à 1.739,77	944,44 à 1.043,86	521,93 à 596,49
Nov. 1er	70 à 72	39 à 42	25 à 28	1.739,77 à 1.789,48	969,30 à 1.043,86	621,34 à 695,90
Déc. 4	73 à 75	40 à 44	25 à 28	1.814,33 à 1.864,04	994,15 à 1.093,57	621,34 à 695,90
— 17	75 à 80	45 à 50	28 à 30	1.864,04 à 1.988,31	1.118,42 à 1.242,69	646,20 à 745,61
1890						
Mars 1er	75 à 76	45 à 48	25 à 27	1.864,04 à 1.888,89	1.118,42 à 1.192,98	621,34 à 671,05
— 18	72 à 74	40 à 45	20 à 25	1.789,48 à 1.839,18	994,15 à 1.118,42	497,08 à 621,34
Avril 17	70	»	20 à 25	1.739,77	»	497,08 à 621,34
Juill. 1er	73 à 74	42 à 45	24 à 26	1.814,33 à 1.839,18	1.043,86 à 1.118,42	596,49 à 646,20
Août 1er	73 à 74	42 à 44	24 à 25	1.814,33 à 1.839,18	1.043,86 à 1.093,57	596,49 à 621,34
— 20	73 à 74	42 à 44	23 à 25	1.814,33 à 1.839,18	1.043,86 à 1.093,57	571,63 à 621,34
Nov. 3 Déc. 4	73 à 76 73 à 76	40 à 46	22 à 24	1.814,33 à 1.888,89	994,15 à 1.143,27	546,78 à 596,49

TABLEAU N° 7. — Importations et Exportations des minerais et sulfures d'antimoine.

	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889
					1° *Importations.*					
Minerai :	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Italie	121,7	221,3	613,0	192,3	50,1	»	154,2	»	4,7	»
Turquie	66,7	»	»	»	»	»	»	54,8	100,1	68,7
Algérie	487,7	»	»	70,0	78,8	»	»	»	»	»
Chine	»	»	»	»	»	226,3	105,4	»	»	»
Japon	»	»	»	»	»	364,6	119,0	29,0	»	»
Australie	»	»	»	»	65,8	»	»	»	»	»
Nouvelle-Calédonie	»	»	»	»	»	42,2	»	»	»	»
Autres pays	7,4	29,8	127,3	19,4	88,0	15,2	16,9	204,5	14,6	1,1
Total minerai	683,5	251,1	740,3	281,7	282,7	648,3	395,5	288,3	119,4	69,8
Sulfure :										
Angleterre	0,7	»	»	11,1	14,8	»	»	»	38,6	»
Turquie	»	»	51,6	»	»	»	»	»	»	»
Allemagne	»	»	»	»	»	»	»	»	23,9	3,8
Japon	»	»	»	»	»	»	»	»	»	243,0
Autres pays	3,5	2,0	13,9	19,2	2,4	»	»	»	1,0	0,8
Total sulfure	4,2	2,0	65,5	30,3	17,2	»	»	»	63,5	247,6
Total : minerai et sulfure	687,7	253,1	805,8	312,0	299,9	648,3	395,5	288,3	182,9	317,4
					2° *Exportations.*					
Minerai :										
Angleterre	630,0	86,0	613,5	382,6	391,8	437,3	351,6	249,1	388,5	1.824,4
Italie	331,1	171,0	124,0	185,1	209,3	180,5	120,3	50,0	»	»
Allemagne	»	»	»	»	»	»	»	»	6,7	111,3
Autres pays	5,8	17,0	1,5	5,1	10,0	357,7	4,2	14,1	7,6	27,5
Total	968,9	274,0	739,0	572,8	611,1	975,5	476,1	313,2	402,8	1.963,2
Excédant des exportations	281,2	20,9	—66,8	260,8	311,2	327,2	80,6	24,9	219,9	1.645,8
	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs
Valeur des importations	173.025	56.215	128.561	37.276	33.462	64.835	39.557	43.256	67.983	243.879
Valeur des exportations	242.333	60.297	103.467	57.286	61.119	97.557	47.618	46.987	100.722	588.975

TABLEAU N° 8. — **Importations et Exportations du régule d'antimoine.**

	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889
					1° Importations.					
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
ngleterre.	243,1	280,8	237,3	525,2	832,1	522,5	437,1	671,1	374,2	474,7
alie.	»	»	»	»	»	»	101,3	»	»	57,2
lgérie.	»	»	»	»	»	»	»	103,0	»	»
ides anglaises. . .	»	»	»	»	»	»	»	»	19,9	»
utres pays	2,8	4,6	5,7	10,0	54,1	16,3	5,4	15,6	21,8	34,2
Total.	245,9	285,4	243,0	535,2	886,2	538,8	543,8	789,7	415,9	566,1
					2° Exportations.					
otales.	11,4	9,6	21,0	11,5	24,9	7,7	5,2	15,5	23,1	41,9
xcédent des importations.	234,5	275,8	222,0	523,7	861,3	531,1	538,6	774,2	392,8	524,2
	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs
aleur des importations.	344.365	371.072	279 473	535.269	886.273	538.878	489.470	789.763	478.294	820.900
aleur des exportations.	16.083	12.519	24.157	11.587	24.901	7.745	4.765	15.553	26.663	60.848

ÉCOULEMENT DE L'EAU DES CHAUDIÈRES

Par M. Ed. SAUVAGE, Ingénieur des mines, Professeur à l'École nationale supérieure des mines.

Plusieurs savants ont cherché les lois théoriques qui règlent l'écoulement de l'eau chaude et sous pression d'une chaudière par un orifice débouchant à l'extérieur; mais nous ne connaissons pas d'études expérimentales de ce phénomène. M. Pulin, ingénieur au chemin de fer du Nord, auteur de beaux travaux sur les locomotives compound, a bien voulu entreprendre, sur ma demande, quelques expériences à ce sujet. Ces expériences ont été faites, avec l'aide de M. Bonnin, en 1890, sur une chaudière des ateliers de la compagnie du Nord, à la Chapelle. Notre intention était de les compléter et de les varier, mais les essais complémentaires n'ayant pas eu lieu, nous ne voulons pas laisser perdre le fruit des expériences de 1890.

La vidange d'une chaudière à chaud est un cas particulier de l'écoulement d'un mélange homogène d'eau et de vapeur, où la proportion initiale de vapeur est nulle; Zeuner a traité ce problème avec détail. Dans sa *Théorie mécanique de la chaleur* (2e édition, traduction française), il donne la loi générale de l'écoulement des fluides (p. 154), d'un mélange de vapeur et de liquide (p. 399), et enfin du liquide seul (p. 412), dans l'hypothèse où aucun échange de chaleur n'a lieu avec l'extérieur. Pochet a traité l'écoulement des vapeurs, d'après Zeuner, dans le chapitre x

de sa *Nouvelle mécanique industrielle*. La méthode de Zeuner est également indiquée par Résal, dans son *Traité de mécanique générale*, t. IV, p. 119; par Bienaymé, dans les *Machines marines*, p. 85; par Couche, dans son ouvrage sur les chemins de fer, t. III, p. 244; par Ser, dans le *Traité de physique industrielle*, t. I, p. 840.

M. Haton de la Goupillière a étudié cette question dans son *Cours de machines* (t. I, p. 443, 762 et 802); nous en extrayons à peu près textuellement un exposé clair et simple de la méthode : on détermine la vitesse de la veine fluide en supposant qu'elle présente une section où l'écoulement se fait par filets parallèles, et où la pression est par suite égale à la pression de l'enceinte dans laquelle pénètre le jet.

Si l'on considère un kilogramme de fluide, à la pression p_1, en repos dans un réservoir, la chaleur sensible qu'il possède et celle qui correspond au travail interne, comptée à partir d'une certaine origine, formant ce qu'on appelle *énergie interne*, a une valeur U_1.

Dans la section contractée, où les filets sont parallèles, l'énergie interne est U_2, l'énergie sensible (équivalant à la demi-force vive) est $A\frac{u^2}{2g}$ (A, ou $\frac{1}{425}$, étant l'inverse de l'équivalent mécanique de la chaleur, et u la vitesse) ; l'accroissement de l'énergie est donc $U_2 + A\frac{u^2}{2g} - U_1$, et, d'après l'équation des forces vives, est égal au total des acquisitions ou dépenses d'énergie par rapport aux objets extérieurs.

En fait d'énergie calorifique, nous supposerons que le résultat des échanges se résume en une quantité de chaleur Q (positive ou négative) reçue de l'extérieur.

En second lieu, si v_1 est le volume du kilogramme de fluide à la pression p_1 (et à la température t_1) dans le réservoir, v_2 ce volume à la pression p_2 dans la section

d'écoulement, le fluide reçoit un travail impulsif $p_1 v_1$ et exerce le travail de refoulement $p_2 v_2$, dont l'équivalent calorifique est A $(p_1 v_1 - p_2 v_2)$.

L'équation des forces vives est alors :

$$U_2 - U_1 + A\frac{u^2}{2g} = Q + A(p_1 v_1 - p_2 v_2).$$

Nous la combinerons algébriquement avec les deux identités suivantes :

En premier lieu, le calorique Q communiqué au fluide s'y décompose comme toujours en une somme de trois termes. Les deux premiers restent confondus ensemble dans l'accroissement $U_2 - U_1$ de l'énergie interne. Le troisième comprend la chaleur équivalente au travail externe, qui a pour expression générale $\int_{v_1}^{v_2} p dv$. On peut donc écrire identiquement :

$$Q = U_2 - U_1 + A\int_{v_1}^{v_2} p\,dv.$$

On a enfin, en intégrant par parties :

$$\int_{v_1}^{v_2} p\,dv = p_2 v_2 - p_1 v_1 - \int_{p_1}^{p_2} v\,dp.$$

Si maintenant nous ajoutons ces trois égalités membre à membre, après avoir multiplié la dernière par A, il vient, en effectuant toutes les réductions et changeant à la fois le signe de la dernière intégrale et l'ordre de ses limites :

$$\frac{u^2}{2g} = \int_{p_2}^{p_1} v\,dp.$$

Pour appliquer cette formule, il suffira de connaître dans chaque cas l'expression du travail de la détente du corps. Connaissant la vitesse et la loi de la détente, on calculera le débit.

La théorie ne s'est pas limitée à l'hypothèse de la constance de la pression d'aval dans la section d'écoulement du fluide. De Saint-Venant et Wantzel, puis Hugoniot ont mis en doute la légitimité de l'hypothèse (voir le *Cours de machines* de M. Haton de la Goupillière, t. I, p. 460); d'après les travaux d'Hugoniot, si p_1 et p_2 sont les pressions des deux réservoirs, la pression dans la section contractée ne peut descendre au-dessous de αp_1, α étant un coefficient voisin de 0,5 pour les gaz. Si la pression p_2 est plus petite que αp_1, elle ne s'établit pas dans la section contractée, toujours soumise à la pression αp_1.

Ser fait remarquer, dans son *Traité de physique industrielle* (t. I, p. 842), que de même, dans l'écoulement des vapeurs, la pression dans la section contractée ne doit pas descendre au-dessous d'un minimum αp_1.

Plusieurs expériences ont été faites sur la vitesse d'écoulement de la vapeur d'eau. Nous citerons celles de MM. Minary et Résal (*Annales des mines*, 5e série, t. XIX, p. 379), de MM. Forquenot et Ser (Ser, *Traité de phys. indust.*, t. I, p. 276); celles de M. Peabody (*American society of mechanical engineers;* voir *Engineering*, 1890, 1er sem., p. 65).

Les poids de vapeur mesurés dans ces expériences diffèrent parfois notablement de ce qu'ils seraient d'après la formule de Zeuner.

La mesure de l'écoulement paraît plus facile pour la vapeur que pour l'eau d'une chaudière, parce qu'on peut aisément condenser le jet de vapeur; mais on ne peut guère recueillir le jet d'eau, qui se vaporise en partie dans l'atmosphère : Zeuner l'a essayé sans succès. Cependant l'expérience est assez facile en suivant la méthode qu'il recommande sans avoir pu l'appliquer : il suffit de faire écouler l'eau d'une chaudière non alimentée, mais chauffée de manière à maintenir constante la pres-

sion ; puis on déduit le poids écoulé de l'abaissement du niveau après un temps déterminé.

M. Pulin s'est servi d'une chaudière de forme bien appropriée à ces essais : c'est une chaudière Field, chauffée par les fumées d'un four à réchauffer, et disposée pour permettre une grande variation du niveau de l'eau. La partie où se trouve ce niveau variable est un cylindre vertical, dont le diamètre intérieur est de $1^{m},772$ sur une partie de la hauteur, et de $1^{m},800$ sur le reste : cette petite différence de diamètre tient à l'emboîtement de deux viroles en tôle. Au centre passe la cheminée, qui est un cylindre vertical, dont le diamètre extérieur est de 570 millimètres. D'après ces cotes, on voit que, quand le niveau baisse de 1 millimètre, il s'écoulera en moyenne $2^{litres},23$. On a d'ailleurs vérifié par un jaugeage direct la capacité de cette chaudière.

Pour suivre la variation du niveau sur une grande hauteur, on a installé un tube de niveau en verre long d'environ 700 millimètres, devant lequel était placée une échelle graduée en millimètres : la longueur de la graduation était de 588 millimètres. Cette échelle était tracée sur une feuille de laiton percée d'une fente verticale, par laquelle on observait le niveau dans le tube, niveau très voisin des traits de la graduation.

L'observation du niveau était facile et suffisamment exacte : un procédé de mesure plus précis eût été d'ailleurs inutile, vu le tremblement constant de la surface de l'eau dans le tube.

L'écoulement se faisait par un orifice bien évasé vers l'intérieur et terminé par une partie cylindrique longue de 10 millimètres et dont le diamètre, relevé à chaud, était de $22^{mm},4$. Cet orifice était ménagé dans un robinet à clef de grande dimension, de manière à ce que le passage à travers ce robinet ne troublât que peu l'écoulement.

La *fig.* 1 ci-dessous représente ce robinet : la largeur de la fente était de 24 millimètres, ce qui donne à travers la clef une section de égale à près de 5 fois celle de l'orifice

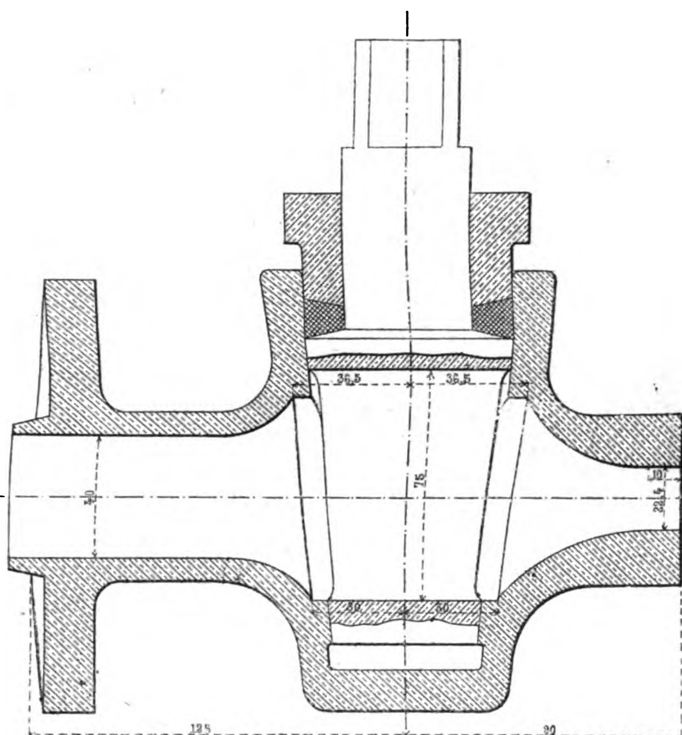


Fig. 1.

extérieur. Il est vrai que la section entre la chaudière et la clef est moindre. La longueur totale du robinet était de 220 millimètres.

Le montage de ce robinet sur la chaudière était facile ; mais si l'on devait répéter ces expériences, il vaudrait mieux, quitte à en augmenter les frais, monter l'orifice en entonnoir directement sur la chaudière et disposer une plaquette intérieure manœuvrée par une tige pour la fer-

meture et l'ouverture. Aucun frottement parasite ne risquerait alors de troubler l'écoulement, l'orifice se trouvant entièrement dégagé.

Un certain temps avant chaque expérience, on arrêtait l'alimentation pour que toute l'eau prît la même température : dans une chaudière Field, où les tubes pendants provoquent la circulation de l'eau, cet équilibre de température doit être rapidement atteint. Puis on isolait la chaudière de la conduite générale de vapeur. Le robinet

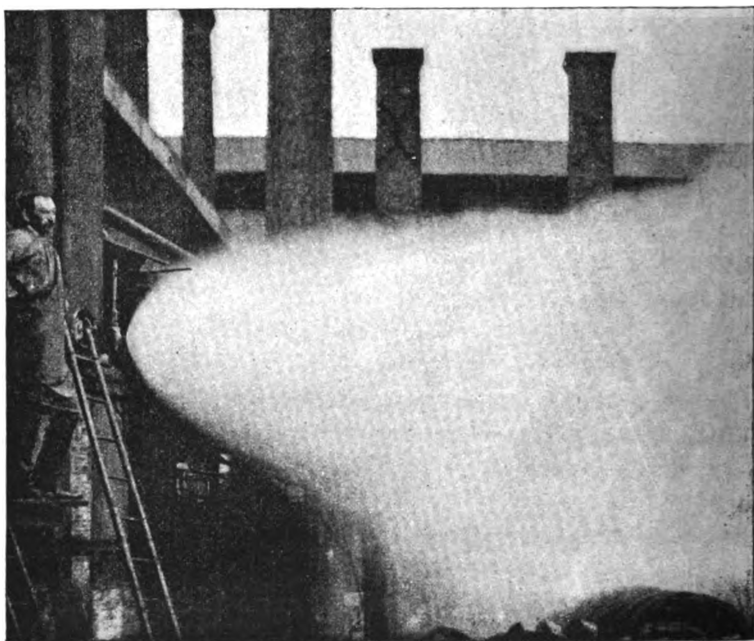


Fig. 2.

de vidange était alors ouvert brusquement et en grand. Pendant l'écoulement, on continuait à chauffer la chaudière à l'aide des gaz chauds du four; la température de la masse d'eau et de vapeur dans la chaudière ne variait

pas notablement pendant l'essai, car le manomètre n'indiquait aucun changement de pression. On laissait ainsi s'écouler 800 ou 900 litres lors d'une première série d'expériences, et 200 seulement lors d'une seconde série, puis on fermait brusquement le robinet. On notait la durée de l'ouverture à l'aide d'un compteur à secondes.

Le jet, formé d'une masse blanche de vapeur et de

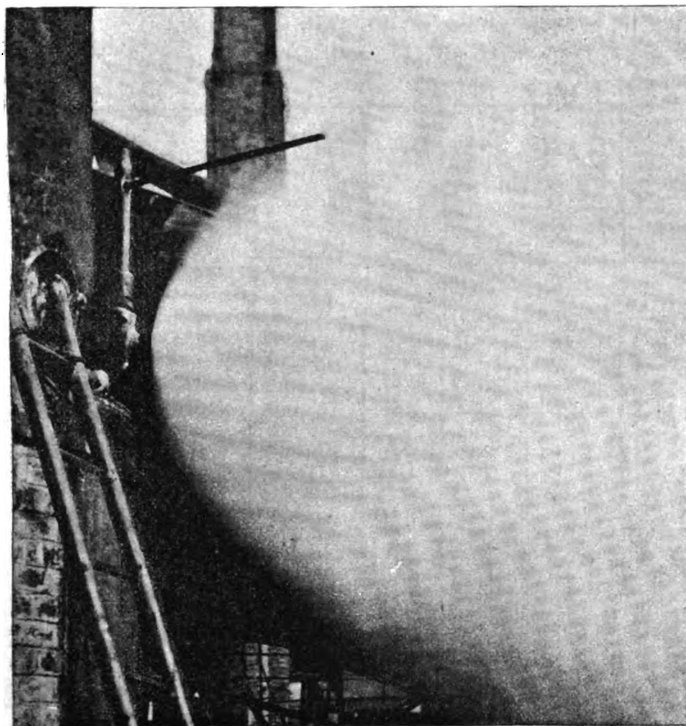


Fig. 3.

gouttelettes d'eau, avait un aspect remarquable, représenté par les deux phototypies ci-jointes (*fig.* 2 et 3). Il n'avait pas de partie cylindrique à la sortie de l'ajutage, mais s'épanouissait immédiatement dans tous

les sens perpendiculairement à la direction de l'écoulement, formant une sorte de paraboloïde de révolution dont le sommet posait sur l'orifice. Cette forme du jet semble en contradiction complète avec l'hypothèse d'une section avec filets parallèles où régnerait la pression atmosphérique.

La *fig.* 2 représente l'écoulement sous la pression absolue de 4 kilogrammes par centimètre carré ; la *fig.* 3, sous la pression absolue de 6 kilogrammes.

Les chiffres relevés dans les essais sont les suivants :

DATES des expériences	PRESSIONS absolues dans la chaudière	VOLUME de l'eau sorti de la chaudière	DURÉE de l'écoulement	HAUTEUR du niveau de l'eau au-dessus de l'orifice au début de l'expérience	OBSERVATIONS
	kg. par cm²	litres	min. sec.	millim.	
4 juillet 1890.	6,50	800	2 20	1.070	
	6,25	800	2 15	id.	
	3,25	800	3 45	id.	
7 juillet 1890.	5,50	900	3 16	id.	
	4,25	900	3 43	id.	
	2,50	900	4 50	id.	
	2,00	900	3 28	id.	Pendant ces deux expériences, le niveau de l'eau dans la chaudière a subi des oscillations de 10 centimètres.
	3,75	900	2 8	id.	
26 sept. 1890.	6,00	200	39,5	925	
	6,00	id.	36	id.	
	6,00	id.	38	id.	
	6,25	id.	38,5	id.	
	6,50	id.	34.5	830	
	5,50	id.	42,5	925	
	5,50	id.	37,5	830	Quelque doute sur l'estimation du temps.
	5,50	id.	42	925	
	5,50	id.	40	830	
	4,00	id.	44	925	
	4,00	id.	43	id.	
	4,00	id.	44	830	
	4,00	id.	45	725	

D'après les chiffres du tableau, calculons le poids écoulé par seconde et par centimètre carré d'orifice ; nous trouvons, en classant les essais d'après les pressions :

Pressions absolues en kilogrammes par centimètre carré.	Litres écoulés par centimètre carré en une seconde.	Pressions absolues en kilogrammes par centimètre carré.	Litres écoulés par centimètre carré en une seconde.
(2) (x)	(1,09)	5,5	1,20
2,5 (x)	0,79	5,5	1,19
3,25 (x)	0,90	5,5 (x)	1,16
(3,75) (x)	(1,78)	6	1,41
4	1,18	6	1,33
4	1,15	6	1,29
4	1,15	6,25 (x)	1,50
4	1,13	6,25	1,31
4,25 (x)	1,02	6,5	1,47
(5,5)	(1,35)	6,5 (x)	1,44
5,5	1,26		

Les chiffres marqués (x) sont donnés par les essais sur l'écoulement d'un volume de 800 à 900 litres. Ceux entre parenthèses viennent des expériences douteuses et de celles qui ont été troublées par des oscillations considérables et non expliquées du niveau de l'eau.

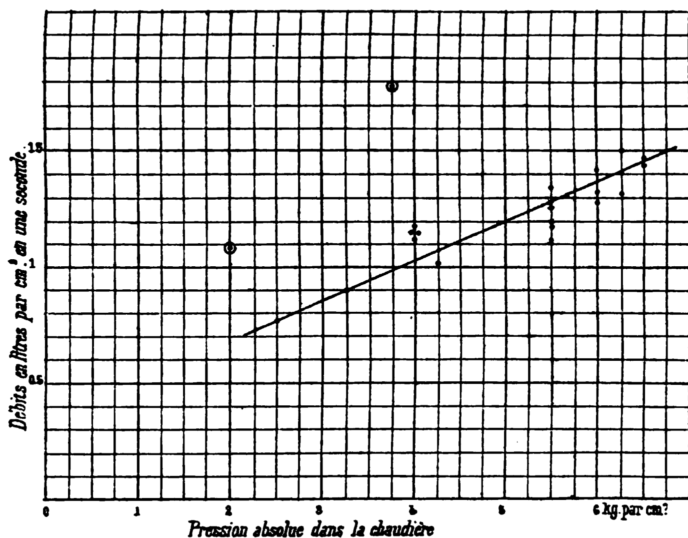


Fig. 4.

Si l'on écarte les deux expériences pendant lesquelles l'eau a subi de fortes oscillations dans la chaudière, le

débit croît assez régulièrement avec la pression, comme on le voit sur le tracé de la *fig.* 4. Dans ces deux expériences anormales, le débit a beaucoup augmenté.

Certains débits sous la même pression présentent des écarts assez considérables ; d'autres se rapprochent beaucoup, notamment dans les expériences à la pression absolue de 4 kilogrammes. Le débit varie d'une pression à une autre. En présence de ces écarts, il semble que la méthode d'observation des niveaux offrait une exactitude suffisante ; les pressions n'étant mesurées qu'à 1/8 près, il n'est pas utile de tenir compte de la surcharge provenant de la colonne d'eau au-dessus de l'orifice, colonne haute d'environ 1 mètre.

Ce qu'on remarque surtout, c'est l'écart extrême des chiffres observés et calculés selon les formules de Zeuner : d'après le tableau donné p. 414 de son ouvrage précité, le poids écoulé par un orifice de 1 centimètre carré en une seconde varierait fort peu pour des pressions de 2 à 14 atmosphères et serait d'environ $0^{kg},11$. L'expérience nous donne des débits variables avec la pression et plus de 10 fois plus forts.

Comme moyen mnémonique, on peut dire que, dans les conditions et entre les limites des expériences, la plupart des débits observés sont un peu inférieurs à la moitié du débit de l'eau froide s'écoulant dans l'atmosphère par le même orifice et sous la même pression.

NOTE

SUR

UN NOUVEL INDICATEUR DE GRISOU

Par M. G. CHESNEAU, Ingénieur au corps des mines.

Au cours des travaux de la sous-commission chargée par la Commission du grisou d'expérimenter les divers types de lampes, j'ai été amené à étudier les conditions d'emploi des indicateurs de grisou en usage dans les mines, et, en déterminant les causes d'erreur ou de danger qu'ils présentent, à construire un appareil qui paraît offrir à la fois plus d'exactitude et de sécurité que les types actuellement connus.

Avant d'en donner la description et les propriétés, je résumerai brièvement les expériences préliminaires qui m'ont conduit à établir ce modèle, grâce au concours dévoué des ingénieurs de la compagnie de Lens qui ont bien voulu se charger d'en diriger et surveiller l'exécution, MM. Reumaux, ingénieur en chef de la Compagnie de Lens, Dinoire, inspecteur des travaux, et de Gennes, ingénieur du puits n° 3, auxquels j'adresse ici mes remerciements bien sincères.

§ I. — *Expériences sur les indicateurs de grisou actuellement en usage.*

On sait que, en dehors des procédés d'analyses chimiques faites dans des laboratoires placés hors des mines,

sur des échantillons d'air prélevés en certains points des travaux souterrains, analyses qui exigent des opérations longues et délicates, on n'a utilisé jusqu'à présent pour les dosages *continus* en tous les points de la mine, que les deux propriétés suivantes du grisou :

1° L'échauffement, par la combustion du grisou contenu dans l'air, d'un fil de platine déjà porté à une certaine température au moyen d'un courant électrique : suivant la proportion du gaz et la température initiale du platine dans l'air pur, le métal est porté depuis le rouge naissant jusqu'au rouge vif par la combustion lente du gaz à son contact, et l'éclat de la teinte qu'il prend peut permettre d'apprécier la teneur en grisou ;

2° Les auréoles produites au contact des flammes par la combustion du grisou dans les zones chaudes qui avoisinent celles-ci, la hauteur de l'auréole dépendant de la grandeur et de la température de la flamme ainsi que de la teneur en grisou, et sa visibilité, de l'éclat relatif de la flamme et de l'auréole.

Je n'ai pas cru devoir étudier les appareils fondés sur le premier principe, dont le type est l'indicateur Liveing, à cause de la difficulté d'obtenir pour le fil de platine une température rigoureusement constante dans l'air pur, condition essentielle pour que l'appareil donne des indications comparables entre elles. Ce genre d'indicateur est d'ailleurs lié à la question de l'éclairage électrique des chantiers grisouteux, question qui est encore loin d'être pratiquement résolue.

En ce qui concerne le second principe, la précédente Commission française du grisou, a indiqué la première, en dehors des auréoles données par les lampes à huile, le parti que l'on pouvait tirer de celles bien plus volumineuses que fournissent les flammes d'alcool et d'hydrogène. Mais jugeant que l'emploi de l'alcool était dangereux et celui de l'hydrogène difficile dans la pratique, elle se

borna à recommander l'emploi des auréoles données par les lampes à huile. Ces auréoles, dans les lampes ordinaires, ne permettent guère à un observateur exercé d'apprécier moins de 2,5 p. 100 de grisou, mais avec une lampe Mueseler munie d'un écran convenable, elles décèlent le gaz à partir de 0,5 p. 100.

L'usage de cet indicateur ne s'est pas généralisé, surtout à cause du peu de hauteur et d'éclat des auréoles données par les flammes de lampes à huile dans de faibles teneurs.

L'idée de la lampe à alcool fut reprise par un ingénieur autrichien, M. Pieler, dont l'appareil, actuellement très répandu en Allemagne, en Autriche et dans le nord de la France, n'est autre qu'une lampe Davy ordinaire garnie d'alcool au lieu d'huile, avec un écran entourant la flamme qui en affleure le bord dans l'air pur, et donne dans le grisou des auréoles appréciables à partir de 0,25 à 0,3 p. 100.

Les récentes expériences de la Commission autrichienne du grisou et celles de la Commission française dont il a été précédemment rendu compte ici-même (*), ont montré que, sous cette forme, la lampe Pieler est très peu sûre, un courant explosif de 4 à 5 mètres de vitesse devant suffire pour propager l'inflammation au dehors, même avec double tamis.

Les mines d'Anzin qui ont, les premières en France, fait usage de la lampe Pieler, l'ont modifiée immédiatement en enveloppant le tamis d'une cuirasse complète; mais quoique la lampe soit ainsi rendue moins dangereuse comme l'ont montré les expériences précitées, son tamis n'en rougit pas moins fortement dans les mélanges explosifs et risque de fondre dans un courant animé d'une

(*) *Annales des mines*, 1re livraison de 1892.

certaine vitesse. L'échauffement est tel que l'alcool distille alors abondamment, et, même après suppression du gaz, les vapeurs d'alcool continuant à se dégager, la combustion de ces vapeurs rougit encore le tamis pendant longtemps et il est impossible d'éteindre la lampe.

J'ai constaté que la lampe Pieler avec un tamis et une cuirasse du type adopté aux mines d'Anzin, placée dans l'appareil décrit dans les *Annales des mines* (1892, t. I, p. 48 et 49) au milieu d'un mélange au repos d'air et de formène, rougit de même fortement lorsque la teneur en gaz dépasse 4 à 5 p. 100, et si l'on ramène la lampe dans l'air pur, elle reste remplie sur toute sa hauteur d'une large flamme brillante due à la combustion des vapeurs d'alcool, qui met souvent plus d'un quart d'heure à redescendre au niveau de l'écran et le tamis reste au rouge vif pendant plusieurs minutes. Même en obturant complètement la fenêtre d'observation et les orifices d'admission d'air de la cuirasse, non seulement l'extinction ne se produit pas dans les mélanges explosifs, mais l'échauffement du tamis et de toute la lampe n'est pas sensiblement diminué.

C'est donc avec raison que dans ses conclusions récentes, la Commission autrichienne du grisou recommande dans les mines très grisouteuses avec courants d'air violents de munir la lampe Pieler d'une cuirasse, et de faire toujours au préalable une recherche avec la lampe Mueseler ou Wolf, et en outre prescrit de ne se servir de la lampe Pieler que lorsque les lampes Mueseler ou Wolf ne marquent pas le grisou.

Avec double tamis et cuirasse complète comme dans le type dû à M. Dinoire, en usage dans les mines de Lens, les inconvénients signalés ci-dessus subsistent quoiqu'à un degré moindre. Quand la lampe Dinoire passe brusquement de l'air pur dans un mélange explosif, elle s'éteint assez souvent; mais pour peu qu'elle ait été échauffée

par un mélange à 1 ou 2 p. 100, elle continue à brûler dans le mélange explosif au repos et son tamis intérieur s'échauffe jusqu'au rouge quand les orifices d'entrée d'air sont ouverts. S'ils sont fermés, ainsi que la fenêtre d'observation, la combustion du mélange explosif ne se produit que dans le haut du tamis et la lampe s'échauffe beaucoup moins.

La lampe à alcool à deux tamis et cuirasse de M. Dinoire offre donc un degré de sécurité bien supérieur aux autres types, mais au détriment de la netteté des auréoles, que le double tamis empêche de distinguer nettement pour les teneurs inférieure à 1 p. 100.

De plus, ces différents types présentent tous l'inconvénient que lorsque la lampe s'est échauffée dans un mélange à forte teneur, la flamme de l'alcool met un temps très long à reprendre sa hauteur de réglage dans l'air pur, et, pendant plus de trente minutes, les auréoles ne sont plus comparables à celles observées au début de l'allumage.

On peut donc dire que tous les grisoumètres à alcool actuellement en service laissent à désirer, tant au point de vue de l'exactitude des observations qu'à celui de la sécurité, indépendamment des autres causes pouvant influer sur les appréciations de la teneur, nature de l'alcool, composition de l'air, température, etc., sur lesquelles j'aurai à revenir plus loin. Mais, comme en définitive, pour de faibles teneurs de grisou non décelées par les lampes ordinaires, c'est encore l'alcool qui donne les auréoles offrant le plus de netteté et d'exactitude, à cause de la constance pendant plusieurs heures des flammes qu'il donne, c'est dans la catégorie des lampes à alcool que j'ai dirigé mes recherches en vue d'en déterminer un type qui, tout en offrant une sensibilité au moins égale à celle de la lampe Pieler ordinaire, ait sur celle-ci l'avantage de ne pas s'échauffer autant et, en

tout cas, de ne jamais rougir dans les mélanges explosifs au repos ou en vitesse.

Pour parer aux inconvénients de la lampe Pieler, j'ai essayé de transformer en lampes à alcool, divers types de lampes connues par leur haut degré de sécurité.

La lampe Marsaut, garnie avec de l'alcool, se comporte à peu près dans les mélanges explosifs comme lorsqu'elle est alimentée avec de l'huile, et, par suite, offre beaucoup moins de danger que la lampe Pieler. Mais, par suite du mode de circulation de l'air frais et des produits de la combustion, les auréoles dues au grisou y sont assez vacillantes et la présence du gaz occasionne un échauffement permanent du verre (ou de l'écran métallique qu'on peut lui substituer), échauffement qui modifie le réglage de la lampe et la rend impropre à des mesures comparables entre elles (*).

Pour obtenir un réglage stable faisant de l'indicateur à alcool, non pas seulement un instrument qualitatif, mais un véritable appareil de dosage, j'ai vérifié que la condition nécessaire est que l'air frais ne se mélange jamais aux produits de la combustion, et de plus qu'il circule contre le réservoir à alcool pour en rafraîchir constamment la surface. J'ai été ainsi amené à adopter une disposition dans laquelle l'alimentation se fait par le bas, comme, par exemple, dans la lampe Fumat.

Partant de là, j'ai, après de nombreux tâtonnements, adopté le type suivant, dont les premiers essais ont été assez satisfaisants pour pouvoir en considérer les traits principaux comme définitifs.

(*) Pour une raison analogue, les lampes Wolf, à benzine, qui donnent des auréoles très nettes dans le grisou pour de faibles teneurs, fournissent, ainsi que je l'ai vérifié, des indications très variables, suivant que le réglage de la flamme (obtenu en abaissant la mèche jusqu'à disparition de la partie éclairante) a été fait dans de l'air pur ou dans de l'air contenant des traces de grisou.

§ II. — *Description du nouvel indicateur de grisou.*

Il se compose essentiellement, ainsi que le montre la *fig.* 1, Pl. V, d'un réservoir à alcool A en laiton, d'une couronne circulaire à double toile métallique B servant à l'admission de l'air frais, d'un cylindre plein en tôle C entourant le tube porte-mèche, et servant d'écran, d'un tamis D en fil de fer de 196 mailles au centimètre carré et de 140 millimètres de hauteur, dont le collet appliqué sur le cylindre en tôle complète l'écran; enfin, d'une cuirasse en tôle E munie d'une fenêtre d'observation fermée complètement par une lame de mica sur laquelle est gravée une échelle en centimètres. Ce qui caractérise cette cuirasse, c'est qu'elle est munie à sa base d'un diaphragme annulaire G, qui s'appuie sur le collet du tamis et obture ainsi complètement le bas de la cuirasse, en sorte que l'air extérieur ne peut jamais arriver directement sur le tamis. Entre ce diaphragme et le collet du tamis, est interposée une rondelle en carton d'amiante *aa*, qui a pour but de diminuer l'échauffement de la partie inférieure de la lampe, quand celle-ci est plongée dans des mélanges à forte teneur et que la cuirasse tend à s'échauffer.

Le haut de celle-ci est munie d'ouvertures *b* protégées par un écran fixe *d* qui empêche les courants d'arriver en vitesse sur le tamis.

Un écran mobile H, formé d'un cylindre en tôle percé d'une fenêtre, protège au besoin le bas de la fenêtre d'observation contre les courants d'air vifs et frais et empêche ainsi le dépôt de buée qui tend à se former à l'intérieur du mica par suite du refroidissement extérieur. Il suffit, au moment de faire la visée de l'auréole, d'amener la fenêtre de l'écran mobile vis-à-vis de la fenêtre d'observatien en mica. En atmosphère calme, cette buée disparaît d'elle-même quelques minutes après

l'allumage et ne se reforme que lorsque la lampe est portée dans un courant d'air froid.

Un écran mobile I pouvant glisser verticalement le long des colonnes *e* permet de protéger la couronne à tamis B contre les courants d'air (*).

L'intérieur du réservoir A contient seulement une petite quantité de coton placée à la base de la gaine de la vis de rappel *g* servant à régler la hauteur de la flamme. Ce coton a simplement pour but, si la lampe se renverse, d'empêcher l'alcool de s'écouler rapidement par les orifices *ii* pratiqués dans l'écrou, dont est muni le porte-mèche *f*, et dont le rôle est d'éviter que l'alcool remplissant le réservoir, ne soit siphonné dans l'intervalle compris entre la tige de la vis de rappel *g* et sa gaine. J'ai constaté que lorsque les lampes Pieler ordinaires sont fortement bourrées de coton, elles ne donnent, dans les mélanges grisouteux, d'auréoles que pendant quelques minutes, parce que l'alcool que peut retenir le coton quand on reverse tout ce qui peut s'en égoutter après remplissage complet de la lampe, ne monte que très difficilement dans la mèche et la flamme baisse promptement en même temps que la mèche charbonne. La suppression presque totale du coton dans le réservoir du nouvel indicateur n'offre d'ailleurs aucun danger, parce qu'il s'éteint, dès qu'on le couche horizontalement, avant que l'alcool ait pu se répandre dans la lampe : il n'en est pas de même dans les lampes Pieler ordinaires, où l'alcool peut se répandre enflammé sur le tamis quand elles sont garnies et qu'on les incline fortement.

L'alcool est introduit dans le réservoir par un orifice fermé par un bouchon à vis L; l'étanchéité du joint est obtenue au moyen d'une rondelle en plomb ou en cuir

(*) Au lieu d'un écran mobile verticalement, on peut également employer un écran fixe percé de trous ronds qu'un écran concentrique mobile permet d'obturer au besoin.

interposé entre le bouchon et la base de son logement.

Le poids de la lampe complètement remplie d'alcool est de 1.450 grammes.

§ III. — *Propriétés du nouvel indicateur.*

L'entrée de l'air et la sortie des gaz brûlés étant absolument séparées dans le nouvel indicateur, il ne peut y avoir de mélanges entre eux comme dans les lampes Pieler ordinaires, où l'air chargé de gaz peut venir brûler à toute hauteur dans le tamis et l'échauffer fortement.

Placé dans des mélanges d'air et de formène à teneur croissante, au repos, le nouvel indicateur donne des auréoles qui n'atteignent le sommet du tamis que vers 3 p. 100 avec le réglage et l'alcool adoptés, sur lesquels je reviendrai plus loin. Pour des teneurs comprises entre 3 et 5,5 p. 100 la flamme propre de l'alcool s'allonge, l'auréole s'élargit, devient cylindrique, mais se déprime de plus en plus au sommet, la lampe ne pouvant plus débiter le volume croissant des produits de la combustion, et *le tamis reste complètement obscur*. Un peu au-dessous de 5,75 p. 100, la flamme de l'alcool *file* jusque vers le sommet du tamis, toujours sans le faire rougir sensiblement, la quantité d'air appelée par la couronne à tamis B étant insuffisante pour produire la combustion complète du gaz et des vapeurs d'alcool dégagées par l'échauffement de la lampe.

A partir de 5,75 p. 100 (teneur inférieure à la limite d'inflammabilité du mélange d'air et de formène qui se produit à 6,1 p. 100) toute flamme disparaît dans le tamis et le mélange d'air et de gaz brûle avec une flamme très pâle seulement dans la couronne, mais sans échauffer considérablement le réservoir : tout s'éteint au bout de quelques secondes, très rapidement si l'écran mobile I est abaissé.

Tandis que dans la lampe Pieler qui est restée 1 ou 2 minutes dans un mélange à forte teneur, même au repos, l'échauffement produit un allongement considérable de la flamme de l'alcool qui subsiste pendant 15 à 30 minutes après le retour dans l'air pur, la flamme du nouvel indicateur placé dans les mêmes conditions revient à sa hauteur primitive dans l'air pur, très rapidement et quelle que soit la teneur initiale en grisou.

Plongé dans les mélanges explosifs au maximum de gaz d'éclairage et d'air à grande vitesse (l'écran mobile, protégeant la couronne à tamis, étant abaissé) l'indicateur a donné les résultats suivants :

I. Vitesse du courant	en amont de la lampe. . .	6^{m},35
	à hauteur.	11^{m}

Le tamis reste obscur et il ne s'y produit aucune combustion apparente. Le mélange explosif brûle dans la couronne à tamis, mais en n'y développant qu'une température de 250 à 300° au plus (commencement de fusion de la soudure à l'étain). Au bout de 5 minutes, pendant lesquelles la lampe a été agitée violemment en tous sens, le gaz est arrêté : la lampe se rallume, l'alcool vaporisé par la chaleur développée par la combustion du gaz dans la couronne brûle avec une flamme rougeâtre peu éclairante dans le tamis, qui continue à rester obscur. Cette flamme diminue rapidement et reprend sa hauteur initiale de réglage en 30 secondes.

Trois expériences semblables ont donné des résultats identiques.

II. Avec la même vitesse de courant d'air et une admission progressive de gaz, on observe la même série de phénomènes que dans les mélanges au repos. Vers 8 p.100 de gaz (la limite d'inflammabilité du mélange d'air et de gaz d'éclairage est de 8,1 p. 100) la flamme propre de l'alcool qui s'était allongée jusque vers le haut du tamis, mais en

s'assombrissant de plus en plus, disparaît subitement du tamis, et le mélange gazeux ne brûle plus que dans la couronne à tamis. La teneur en gaz, pour laquelle la lampe paraît s'échauffer le plus (sans que, d'ailleurs, le tamis cesse de rester obscur) est celle d'environ 6 p. 100.

III. Vitesse du courant { en amont de la lampe. . . $2^m,75$; à hauteur . . . . $4^m,75$

En diminuant la vitesse du courant jusqu'à cette limite, la lampe s'éteint dès que la teneur en gaz d'éclairage atteint 8 p. 100, comme dans les mélanges au repos.

Au point de vue de la sécurité, le nouvel indicateur présente donc les mêmes propriétés que les lampes de sûreté ordinaires de bonne construction.

Les expériences faites dans les courants en vitesse ont en outre montré que, lorsque l'écran mobile I est abaissé à fond de course, la lampe peut être placée dans des courants de 8 à 10 mètres de vitesse sans s'éteindre, à la condition d'avoir été allumée depuis quinze à vingt minutes avant d'y être exposée et de ne pas chercher à la protéger avec les mains (ou par tout autre moyen pouvant gêner le tirage), ce qui entraîne l'extinction.

§ IV. *Nature de l'alcool employé ; réglage ; forme des auréoles.*

J'ai observé que, suivant la nature et le degré de volatilité de l'alcool employé, les hauteurs d'auréole varient considérablement. Ainsi, à réglage égal, une lampe Pieler ordinaire donne, par exemple pour une teneur de 1,4 p. 100, une auréole de

40 millim.	de hauteur	avec l'alcool vinique de	88°	à l'alcoomètre centésimal.
80 millim.	—	—	95°	—
55 millim.	—	avec l'alcool méthylique de	95°	—
75 millim.	—	—	99°	—

Pour avoir des auréoles toujours comparables entre elles, il est nécessaire d'employer un alcool de même nature, marquant le même degré, à la même température, à l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac.

J'ai constaté que l'alcool qui donne les meilleurs résultats dans le nouvel indicateur est l'alcool méthylique ou esprit de bois, marquant 92°,5 à l'alcoomètre Gay-Lussac à la température de 15° centigrades, soit 93° à la température de 20° centigrades. On obtient d'ailleurs très sensiblement les mêmes hauteurs d'auréole pour les mêmes teneurs avec des mélanges d'esprit de bois de diverses provenances et de densités variées, les uns purs, les autres impurs et peu concentrés, pourvu que le mélange marque bien exactement le degré ci-dessus indiqué à l'alcoomètre.

Ayant eu occasion de vérifier que les appréciations des hauteurs d'auréole de la lampe Pieler varient beaucoup d'un observateur à l'autre à cause de l'extrême pâleur des auréoles et de la forme diffuse de leur extrémité, et que, de plus, le peu d'éclat de la flamme de l'alcool rend le réglage de sa hauteur dans l'air pur très incertain, j'ai cherché si l'addition de sels métalliques dans l'alcool n'augmenterait pas la netteté des auréoles en les colorant. J'ai essayé la plupart des sels métalliques capables de colorer les flammes, tels que les sels de sodium, lithium, thallium, baryum, strontium, cuivre, l'acide borique, etc. Tous ces métaux colorent vivement la flamme de l'alcool, et l'éclat des auréoles est également augmenté; mais pour tous les sels essayés (sauf le chlorure cuivrique) la flamme de l'alcool est beaucoup plus brillante que les auréoles et par contraste la visibilité de celles-ci n'est pas augmentée, ou diminue même pour un certain nombre, par l'addition du sel métallique. Avec le chlorure cuivrique au contraire, qui est très soluble dans l'alcool, la différence d'éclat entre l'auréole

et la flamme propre de l'alcool n'est pas très grande, et il en résulte que la netteté des auréoles est considérablement accrue par l'addition d'une petite quantité de ce sel, qui donne à la flamme une teinte verte, surtout sur les bords, et aux auréoles une belle couleur bleu verdâtre.

Le chlorure cuivrique tendant à passer à l'état de chlorure cuivreux, insoluble dans l'alcool, au contact du cuivre du porte-mèche, il est avantageux d'ajouter à l'alcool une petite quantité d'acide chlorhydrique qui maintien le chlorure cuivreux en dissolution.

La netteté des auréoles est d'autant plus grande que la quantité de chlorure est plus considérable; mais une trop forte proportion entraîne un dépôt volumineux de sel sur la mèche, qui modifie le réglage. On obtient en définitive un résultat satisfaisant en additionnant 1 litre d'alcool méthylique, du degré centésimal voulu, de 2 centimètres cubes d'une dissolution saturée de chlorure cuivrique cristallisé dans l'acide chlorhydrique concentré (soit environ trente gouttes par litre de la dissolution).

La présence de ce sel métallique permet de discerner les auréoles à partir de 0,1 à 0,2 p. 100 de grisou.

On constate très nettement à partir de 0,5 p. 100, ainsi que le montre la Pl. VI, où est figuré l'aspect des auréoles pour des teneurs croissantes de formène, que l'auréole se compose d'une partie conique bleu légèrement verdâtre dont la pointe est entourée et surmontée par une lueur blanchâtre qui forme une sorte de capuchon superposé au cône bleu et dont l'intensité diminue rapidement vers le haut.

Avec des alcools de diverses natures, sans chlorure cuivrique, on peut observer, mais beaucoup moins nettement, ces deux parties de l'auréole; pour les alcools pauvres, le cône tend à se confondre avec la lueur : c'est une des principales causes d'erreur dans l'appréciation

des hauteurs d'auréole avec des lampes Pieler garnies d'alcool ordinaire pour des observateurs qui n'ont pas eu l'occasion de voir la forme et la teinte des auréoles données par l'alcool dont ils se servent, dans un appareil à mélanges titrés.

Réglage de la flamme. — La lampe ayant été garnie d'alcool jusqu'au niveau *xx* de l'orifice de remplissage, et allumée, on la laisse brûler 15 à 20 minutes à feu haut, la flamme de l'alcool dépassant de 5 millimètres au moins le collet du tamis et l'écran mobile I étant abaissé. Cette précaution a pour but de faire prendre à la lampe, en aussi peu de temps que possible, son régime définitif d'échauffement. Après quoi on se place dans l'obscurité, on relève l'écran mobile I de 1 ou 2 centimètres, pour laisser l'air frais atteindre librement la mèche, et l'on abaisse lentement la mèche au moyen de la vis de rappel M jusqu'à disparition exacte, au-dessous du niveau *yy* du collet du tamis (qui est à 37 millimètres au-dessus du tube *zz*), de toute la lueur verte qui termine la partie éclairante de la flamme. Il reste encore au-dessus du collet une lueur pâle d'environ 20 millimètres de hauteur, traversée parfois de petits points rouges, surtout au début de l'allumage, mais qui est assez facile à distinguer de la lueur verte qui borde la flamme éclairante proprement dite de l'alcool. Grâce à cette lueur verte donnée par le chlorure de cuivre, le réglage varie très peu d'un observateur à un autre, beaucoup moins en tout cas qu'avec de l'alcool ordinaire, dont la pointe de la flamme est difficile à distinguer nettement.

La flamme étant ainsi réglée, lorsque l'indicateur est placé dans des mélanges d'air et de formène à teneur croissante, on constate que le cône et la lueur augmentent tous deux de hauteur, celle de la lueur étant environ double de celle du cône bleu. Dès qu'il y a des traces

de grisou dans l'air, la lueur pâle qui dépasse le collet dans l'air pur se colore en bleu sur un peu plus de la moitié de sa hauteur; mais jusqu'à 0,5 p. 100 le cône bleu est assez difficile à distinguer de la lueur. A partir de 0,5 et jusqu'à 2,5 p. 100, le cône est très distinct de la lueur et sa pointe est d'autant plus facile à apprécier qu'il se produit une sorte d'étranglement de la lueur à hauteur de la pointe du cône (*).

Dès 2 p. 100, la flamme propre de l'alcool, jaune brillant à la base et passant insensiblement au vert dans sa partie supérieure, commence à surgir au-dessus du collet du tamis avec une forme assez vague de cône très aplati. Par conséquent, à partir de cette teneur de 2 p. 100, l'auréole se compose de trois parties : flamme jaune de l'alcool à la base, cône bleu dans la partie moyenne, lueur au sommet, et à mesure que la teneur s'accroît, ces trois parties augmentent simultanément de hauteur.

Au-dessus de 2,5 p. 100, la lueur envahissant tout le sommet du tamis, la pointe du cône devient un peu moins facile à distinguer. A 3 p. 100, la pointe du cône touche le sommet du tamis et la lueur a déjà envahi tout l'intérieur de celui-ci; la flamme propre de l'alcool, de plus en plus brillante, a déjà 25 millimètres de hauteur de lumière jaune et jaune-verdâtre.

Pour des teneurs supérieures à 3 p. 100, le cône bleu s'élargit de plus en plus en tendant vers la forme cylindrique et en se confondant progressivement avec la lueur; de plus, cône bleu et lueur s'assombrissent peu à peu, en sorte que vers 4 p. 100 on n'aperçoit plus que la

(*) Si la pointe du cône paraît trouble, on obtient cependant sa position d'une façon assez exacte, en prolongeant par la pensée les côtés du cône (toujours nets vers la base) et en prenant la hauteur de leur intersection pour celle du cône bleu.

flamme propre de l'alcool, jaune à la base avec une pointe très arrondie verte, bordée d'un liséré bleu. Cette flamme a 45 à 50 millimètres de hauteur pour 4 p. 100, puis s'élève jusqu'à 80 millimètres à 5,5 p. 100 et *file* jusqu'au sommet pour une teneur comprise entre 5,5 et 5,75, à partir de laquelle toute flamme disparaît dans le tamis, tandis que le mélange brûle avec une flamme bleue très pâle dans la couronne à tamis pour s'éteindre au bout de quelques secondes.

J'ai constaté que la hauteur du cône bleu jusqu'à 2,5 p. 100, est peu influencée par des variations même considérables de température ou de teneur de l'air en acide carbonique, tandis qu'il n'en est pas de même de la lueur, qui, généralement, augmente beaucoup en s'assombrissant avec la température, et diminue, quand la teneur en acide carbonique s'accroît.

Ainsi, en faisant passer la température du mélange grisouteux de 17° à 37° C., je n'ai constaté qu'un allongement de 10 p. 100 environ dans la hauteur du cône bleu, et en ajoutant 2 à 3 p. 100 d'acide carbonique dans un mélange à 1,5 pour 100 de grisou, la hauteur du cône bleu n'a été nullement affectée.

Comme, de plus, la pointe du cône bleu est plus facile à distinguer que le sommet de la lueur totale visible, j'adopte comme règle de prendre pour hauteur de l'auréole caractéristique de la teneur en grisou, celle de la pointe A du cône bleu (voir, Pl. VI, l'auréole correspondant à la teneur de 1,5 p. 100). Pour les très faibles teneurs (moins de 0,5 p. 100) le cône bleu se distinguant assez difficilement de la lueur, on peut prendre la hauteur totale de lueur visible (surtout si la température ne dépasse pas 20° C.) et obtenir un résultat encore très exact. Quelle que soit d'ailleurs la teneur, on peut, en cas d'incertitude sur la hauteur du cône bleu, approcher de l'indicateur une lampe ordinaire dont l'éclat fait disparaître par contraste

la lueur et ne laisse voir nettement que le cône bleu (à partir de 0,25 pour 100), dont on détermine ensuite plus exactement la pointe en écartant un peu la lumière. On peut ainsi, grâce à l'addition de chlorure de cuivre dans l'alcool, voir d'assez loin les auréoles et observer l'indicateur dans un chantier éclairé par des lampes, tandis qu'avec de l'alcool ordinaire il faut une obscurité complète et observer de très près : c'est là un avantage très appréciable pour la visite des travaux souterrains.

Pour des teneurs supérieures à 3 p. 100, il faut se servir de la hauteur de la flamme propre de l'alcool, dont la détermination exacte est assez difficile ; mais comme, à partir de cette teneur, le grisou est visible dans les lampes à huile ordinaires, et qu'un dosage exact n'offre guère d'intérêt dans la pratique, je n'ai pas cherché à augmenter la précision de l'indicateur pour ces fortes teneurs, ce qui n'aurait pu être obtenu qu'au détriment de l'exactitude du dosage des teneurs habituelles inférieures à 2,5 p. 100.

Comme, dans la pratique, les fortes teneurs ne se rencontrent généralement que dans des cloches et confinent le plus souvent à de l'air peu chargé en grisou, on risque, dans la recherche du gaz dans ces cloches, de passer très rapidement d'une faible teneur à une teneur élevée, et par suite l'auréole passe brusquement d'un cône bleu de quelques centimètres à une flamme propre d'alcool d'une hauteur peu différente ; mais il est impossible de confondre celle-ci avec un cône bleu proprement dit, d'abord à cause de sa forme et de sa teinte, ensuite en raison de la température élevée développée dans le haut de la cuirasse par les produits de la combustion dans les fortes teneurs.

Pour déterminer les hauteurs de cône bleu, lueur et flammes d'alcool correspondant à chaque teneur, je me

suis servi de l'appareil à mélanges d'air et de formène installé à l'École supérieure des mines (*), où l'air et le formène sont séparément mesurés dans un compteur avant d'être mélangés. Le formène préparé par réaction de la chaux sodée sur l'acétate de soude fondu, contenant une certaine proportion d'air par suite de l'air contenu dans les appareils producteurs, a été au préalable analysé par la méthode des limites d'inflammabilité, et les teneurs ont été exprimées en grisou pur. Pour déterminer la quantité d'air à envoyer dans l'appareil de façon à réaliser les conditions d'alimentation de la pratique, j'ai placé la lampe dans le manchon de verre où elle est située pendant les dosages, en y faisant arriver du formène et en laissant l'air extérieur entrer par le bas du manchon. La hauteur de l'auréole indique approximativement la quantité d'air appelée par le tirage naturel de la lampe. J'ai ainsi constaté que, pour un manchon de $0^m,15$ de diamètre, l'appel d'air n'était pas inférieur à 60 litres par minute : c'est avec un débit semblable que tous les dosages ont été faits. Jusqu'à 2 p. 100 de formène il y a d'ailleurs peu d'écart dans les hauteurs d'auréole pour des débits compris entre 6 litres et 80 litres à l'heure ; pour des teneurs supérieures les auréoles sont beaucoup plus basses avec une alimentation trop faible.

Un certain nombre de dosages ont été faits sur plusieurs lampes conformes au type représenté par la *fig.* 1, Pl. V. Les résultats exprimés graphiquement montrent que l'indicateur est susceptible de donner des résultats très exacts, car les points représentant la hauteur de cône bleu observée pour chaque teneur se groupent toujours à très faibles distance de la courbe qui en représente la moyenne. La *fig.* 2, Pl. V, donne les résultats obtenus avec une même lampe, dont la hauteur d'écran est de

(*) Voir sa description, *Annales des mines*, 1re livraison de 1892.

37 millimètres et dont le réglage a été, dans un premier dosage un peu haut, et dans un deuxième un peu bas, de façon à se rendre compte de la limite des erreurs possibles dans la pratique ; les deux courbes en traits pleins représentant la moyenne des résultats fournis par chacun des dosages coïncident presque jusqu'à 2 p. 100 (*). On voit en outre, d'après les mesures 12, 13, 14 et 15 du dosage à réglage haut, faites au bout de deux heures et demie d'allumage, soit deux heures après les mesures 1 à 11, que le réglage se maintient bien. On peut compter en pratique sur 3 heures de dosages bien comparables entre eux.

Le tableau ci-après donne la moyenne des résultats des deux dosages précédents, que l'on peut considérer comme s'appliquant à un réglage exact, ainsi que je l'ai constaté par plusieurs dosages faits avec un réglage aussi précis que possible.

(*) Pour les teneurs inférieures à 0,3 p. 100 (correspondant dans l'appareil de dosage à un débit de formène de moins de $0^{lit},2$ par minute) la marche du compteur à formène est un peu irrégulière, ce qui peut expliquer, en dehors des erreurs d'appréciation sur la hauteur du cône bleu, des écarts comme celui du dosage 2 (Réglage haut) reporté sur la *fig.* 2, Pl. V.

HAUTEUR du cône bleu au-dessus de l'écran	HAUTEUR de la lueur totale visible au-dessus de l'écran	HAUTEUR de la flamme propre de l'alcool au-dessus de l'écran	TENEUR de grisou correspondante	OBSERVATIONS. Hauteur de l'écran : 37 millimètres.
millimèt.	millimèt.	millim.	p. 100	
»	20 à 25	»	0	Lueur jaunâtre ou rougeâtre très pâle.
15	25	»	0,1	Cône difficile à distinguer de la lueur.
20	35	»	0,30	Id. Id.
25	50	»	0,55	Cône assez net.
30	60	»	0,80	Cône net.
35	70	»	1,05	Cône très net.
40	80	»	1,25	Id.
45	90	»	1,45	Id.
50	110	»	1,60	Id.
55	120	»	1,75	Id.
60	sommet	»	1,90	Id.
65	du tamis.	»	2,05	Id.
70	»	5*	2,15	Id. *Flamme peu nette.
75	»	6	2,25	Id. Id.
80	»	7	2,35	Id. Id.
85	»	8	2,40	Id. Id.
90	»	9	2,50	Id. Id.
95	»	11	2,55	Id. Id.
100	»	13	2,60	Pointe du cône Id.
110	»	15	2,70	bleu confuse. Id.
120	»	17	2,80	Id. Id.
130	»	20	2,90	Id. Id.
140	»	25	3,00	Id. Id.
		30	3,40	Flamme très large à la base, bordée
		60	4,60	au sommet d'un liseré bleu.
			5,75	Extinction totale.

J'ai constaté par de nombreuses expériences que, malgré l'échauffement de la lampe quand les teneurs dépassent 2,5 p. 100, la hauteur des cônes bleus, quand on repasse immédiatement après à de faibles teneurs, n'en est pas sensiblement affectée.

Lorsque la teneur dépasse 2,75 p. 100, le cône bleu pâlit au bout de quelques minutes quand la température de la lampe s'est élevée, et sa hauteur augmente un peu (d'environ 1/10) pour demeurer stable de nouveau : il y a

donc intérêt à faire l'observation assez vite pour ces teneurs déjà élevées. Pour le même motif, il vaut mieux faire les observations en tenant l'écran mobile relevé (*), pour que l'air frais arrive directement sur la couronne à tamis ; j'ai d'ailleurs constaté que, même l'écran étant abaissé, la hauteur du cône bleu reste constante pendant plus d'un quart d'heure, même avec des teneurs atteignant 2,5 p. 100 : ce n'est, en effet, qu'au-dessus de cette teneur que la lampe s'échauffe sensiblement, sans cesser d'ailleurs de revenir au zéro en quelques secondes dans l'air pur.

En résumé, les propriétés du nouvel indicateur permettent d'espérer qu'il pourra rendre de réels services aux exploitants de mines grisouteuses tant au point de vue de la netteté des indications, qu'en raison de la sécurité qu'il présente. Un certain nombre de modèles vont être mis en service dans quelques exploitations houillères, et une note ultérieure fera connaître les résultats obtenus, quand une expérience suffisante permettra de les considérer comme définitifs.

Paris, 15 juillet 1892.

(*) Ou les orifices ouverts, s'il s'agit d'un écran fixe avec orifices pouvant être obturés, comme l'indique la note de la page 210.

BULLETIN.

PRODUCTION DE L'OR ET DE L'ARGENT DANS LES PRINCIPAUX PAYS DU GLOBE (*)

Par M. SOL, chef de bureau au Ministère des travaux publics.

PAYS PRODUCTEURS	ANNÉE	OR			ARGENT		
		Production	Valeur	Prix moyen	Production	Valeur	Prix moyen
		kilogr.	francs	francs	kilogr.	francs	francs
France	1890	200	640.000	3 200	71.117	11.379.000	160
Guyane française	1890	1.342	4.218.000	3 143	»	»	»
Grande-Bretagne et Irlande	1891	181	501.000	2.773	18 437	2.807.000	152
Allemagne	1890	1.855	6.348.900	3.422	402.915	69.066.000	171
Belgique	1890	»	»	»	33 083	5.806.000	175
Autriche	1890	22	72.000	3.327	35.863	7.898 000	220
Hongrie	1889	2.215	7.354 000	3.320	17.206	3.786.000	220
Italie	1889	216	570 000	2.640	33.505	5.026.000	150
Russie	1889	37.281	117.323.000	3 147	13.861	2.800.000	202
Suède	1890	88	303.000	3.443	4.555	990.000	215
Norvège	1890	»	»	»	5.339	1.192.000	215
Espagne	1888	»	»	»	65.000	11 609 000	179
Etats-Unis	1891	49.917	171.846.500	3.443	1.814.642	390.657.500	215
Chili	1891	2.162	7.442.000	3.442	72.185	15.540.000	215
Mexique	1891	1.505	5.180.000	3 442	1.275.265	274.540 000	215
Colombie	1891	5.224	17.985.000	3.442	31.232	6.724.000	215
Vénézuéla	1891	1.504	5 180.000	3.442	»	»	»
Bolivie	1891	101	347.000	3.442	372.666	80.123.000	215
Brésil	1889	670	2 327.000	3.442	»	»	»
République Argentine	1891	123	425.000	3.453	14.680	3.160.000	215
Pérou	1891	113	389.000	3.442	74.879	16 120.000	215
Amérique centrale	1889	226	777.000	3.438	48 123	10.360.000	215
Guyane anglaise	1890	1.947	5.910.000	3.041	»	»	»
Canada	1890	2.022	5 786.600	2.861	12.461	2.180.000	174
Australie	1890	42.137	127.589 000	3 028	16.250	2.537.000	156
Tasmanie	1890	729	2.197.000	3.013	»	»	»
Nouvelle-Zélande	1890	6.008	19.506.000	3.246	1.015	155.400	153
Possessions anglaises : en Asie	1890	3.400	9.925 000	2.919	»	»	»
Possessions anglaises : en Afrique	1890	13.906	38.778.000	2.788	»	»	»
République sud-africaine	1891	22.673	69.356.300	3.059	»	»	»
Japon	1891	775	2 667.700	3.442	43.282	9.318.000	215
Chine	1890	8.020	27.609.400	3.442	»	»	»
Totaux et moyennes		206 562	658.553.400	3.188	4.477.591	933.782.900	209

(*) La statistique de l'or et de l'argent aux États-Unis et dans les États de l'Amérique a été puisée dans le Rapport du directeur de la Monnaie à Washington, pour l'année 1891. Les autres renseignements ont été extraits généralement des statistiques officielles des pays producteurs mêmes.

PRODUCTION MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE DES ILES-BRITANNIQUES PENDANT L'ANNÉE 1891.

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES EXTRAITES	QUANTITÉS	VALEUR sur les exploitations	PRIX moyen
1° *Substances minérales.*	tonnes	francs	francs
Houille	188.446.800	1.868.797.360	9,91
Lignite	4.739	34.299	7,23
Schistes bitumineux	2.398.897	17.835 004	7,43
Pétrole	102	3.783	37,10
Minerai de fer	12.982.132	84 634.789	6,52
Minerai de fer des marais	16.342	202 693	12,40
Pyrites de fer	17.710	201.810	11,40
Minerai de plomb	44.561	8.998.067	201,92
Minerai de zinc	22.571	2.861.083	126,75
Minerai de cuivre	8.977	509.797	56,78
Cuivre de cément	327	109.833	335,88
Minerai d'or	14.343	307.684	21,45
Minerai d'étain	14.720	18.542.753	1.259,00
Wolfram	1.055	84 260	79,86
Minerai d'uranium	32	15.636	488,60
Minerai d'antimoine	16	6 305	394,00
Minerai de manganèse	9.628	156.692	16,27
Ocre, terre d'ombre	13.820	506.998	36,68
Arsenic	6.145	1.477.715	240,00
Pyrites arsenicales	5.177	110.211	21,28
Spath fluor	143	4.716	33.00
Gypse	154.135	1.514.158	9,82
Barytine	27.306	810.066	29,66
Sulfate de strontiane	8.190	101.637	12,41
Minerai d'aluminium (bauxite)	10.935	81.410	7,44
Schistes alumineux	5.562	17.250	3,10
Argiles (non compris l'argile commune)	3.273.600	23.805.057	7,27
Ardoises	421.669	24.892.140	59,00
Pierres, etc	»	219.256.199	»
Phosphate de chaux	10.160	504.400	49,64
Sel	2.076.268	24.635.501	11,86
Valeur totale des substances minérales	»	2.301.019.306	»
2° *Métaux.*			
Fonte	7.524.561	490.300.000	65
Plomb	49.430	15.274.000	309
Zinc	23.966	14.428.000	602
Cuivre	75 830	108.134.000	1.426
Etain	11.032	26.201.000	2.375
Antimoine	7	9.400	1.340
Argent (en kilogrammes)	18.437^{kg}	2.807.000	152
Or (en kilogrammes)	181^{kg}	501.000	2.773
Valeur totale des métaux	»	637.654.400	»

Production de la houille par comté.

COMTÉS	QUANTITÉS	VALEUR sur les exploitations
Angleterre.	tonnes	francs
Breconshire	276.121	2.767.567
Carmarthenshire	736.842	8.002.104
Cheshire	686.756	7.031.992
Cumberland	1.696.472	15.002.142
Denbighshire	2.332.349	23.158.215
Derbyshire	11.216.169	118.327.272
Durham	30.284.443	261.982.964
Flintshire	870.331	8.641.633
Glamorganshire	22.109.990	294.412.379
Gloucestershire	1.382.023	17.431.787
Lancashire	23.086.180	232.641.713
Leicestershire	1.553.046	15.420.416
Monmouthshire	7.273.734	82.754.235
Northumberland	9.480.153	86.285.564
Nottinghamshire	7.336.784	73.604.722
Pembrokeshire	76.008	1.037.702
Shropshire	703.311	7.201.495
Somersetshire	929.813	11.540.294
Staffordshire	14.554.471	132.901.607
Warwickshire	1.808.459	17.395.293
Westmoreland	1.271	11.828
Worcestershire	955.180	7.607.058
Yorkshire	23.158.587	237.128.377
Totaux	162.508.467	1.662.288.359
Écosse.		
Argyle et Dumfries	101.954	833.042
Ayrshire	3.410.143	27.041.540
Clackmannan	451.283	3.920.752
Dumbarton	372.035	3.386.163
Edinburgh	898.048	7.244.924
Fife	3.353.816	29.137.927
Haddington	283.136	2.284.175
Kinross, Peebles, et Sutherland	18.269	158.709
Lanark	14.318.854	109 592.300
Linlithgow	869.830	7.017.288
Renfrew	91.514	700.435
Stirling. East	1.632.062	9.520.247
Stirling. West		4.548.150
Totaux	25.830.944	205.385.652
Irlande.		
Connaught	9.894	98.232
Leinster	88.218	930.668
Munster	5.946	55.358
Ulster	3.314	39.091
Totaux	107.372	1.123.349
Totaux généraux	188.446.783	1.868.797.360

(Extrait du *Mineral Statistics of the United Kingdom of Great Britain and Ireland.*)

LE SONDAGE DE DOUVRES

Par M. E. LORIEUX, Inspecteur général des mines.

Il me paraît intéressant de signaler, dans les *Annales des mines*, les « *Observations* » qui viennent d'être publiées par M. Francis Brady (*), sur les résultats du sondage de Douvres et sur la possibilité d'une corrélation entre le gisement houiller franco-belge et ceux de Douvres et de Somerset.

Ce sondage a été commencé à partir du fond d'un avant-puits de 44 pieds de profondeur, descendu jusqu'au niveau moyen des hautes mers, et il a été poussé jusqu'à 1.186 pieds, soit 1.930 pieds (588 mètres) de profondeur totale au-dessous du sol. Il a rencontré à 1.136 pieds une couche de houille de 2 pieds 6 pouces d'épaisseur avec un nerf de grès intercalé; à 1.200 pieds, une couche de 6 pouces; à 1.229 pieds, une couche de 2 pieds reposant sur l'argile; à 1.277 pieds, une couche de 2 pieds d'épaisseur; à 1.312 pieds, une couche de 1 pied 3 pouces; à 1.433 pieds, une couche de 1 pied d'épaisseur; à 1.456 pieds, une couche de 2 pieds 6 pouces; à 1.549 pieds, une veinule; à 1.570 pieds, une couche de 2 pieds 3 pouces; à 1.764 pieds, une couche de 2 pieds 9 pouces; à 1.831 pieds, une couche de 1 pied 8 pouces d'épaisseur.

L'épaisseur de la houille traversée, en ne comptant que les couches épaisses de plus d'un pied, est de 16 pieds 11 pouces, ou $4^{m},97$. Les couches sont sensiblement horizontales, la qualité du charbon est analogue à celle des houilles grasses de Mons et Bruay, et non à celle des houilles maigres de Marquise, qui paraissent être d'origine plus ancienne.

La probabilité d'une liaison, par Douvres, entre les gisements houillers de Bristol et du Pas-de-Calais, avait été mise en question peu de temps après la publication des rapports de la Commission anglaise du charbon en 1871. Lorsque le projet du tunnel sous-marin de la Manche a été frappé d'interdiction, en juillet 1882, M. Brady, ingénieur de la Compagnie du tunnel, a suggéré l'idée de se servir du personnel engagé pour cette entreprise, et de vérifier les idées émises relativement au prolongement du gisement houiller.

(*) *Dover Coal Boring : Observations on the correlation of the Franco-Belgian, Dover and Somerset Coal-Fields*; by Francis Brady. June 1892. In-8°, 14 p., 1 carte et une coupe.

Comme de nombreux sondages prouvent l'existence de terrains plus anciens que le terrain houiller dans la direction est-ouest au-dessous de Londres; comme, de plus, l'horizontalité des couches traversées à Douvres et la qualité du charbon indiquent une position centrale dans le bassin houiller, il ne paraît pas téméraire d'admettre que les futures explorations devront suivre une ligne sensiblement directe à l'ouest de Douvres sur Bristol. La longueur de la région inexplorée dans cette direction est d'environ 160 milles (258 kilomètres).

Sur le territoire français, la région inexplorée entre Thérouanne et Calais présenterait une longueur d'environ 37 kilomètres.

La coupe des terrains traversés par le sondage de Douvres peut, d'après M. Brady, être résumée comme suit au point de vue géologique, les profondeurs étant comptées à partir du niveau du sol :

PROFONDEURS	NATURE DES TERRAINS	ÉPAISSEURS
174′ ($53^{m},03$)	Craie grise et craie marneuse	174′ ($53^{m},03$)
182′ ($55^{m},47$)	Marne glauconieuse	8′ ($2^{m},44$)
303′ ($92^{m},35$)	Gault.	121′ ($36^{m},88$)
544′ ($165^{m},81$)	Grès vert inférieur, Wealdien et couches de Hastings	241′ ($73^{m},46$)
1157′ ($352^{m},65$)	Oolithe supérieure, moyenne et inférieure, et Lias.	613′ ($186^{m},84$)
1930′ ($588^{m},25$)	Terrain houiller, avec huit couches exploitables, comprenant environ 16 pieds de houille bitumineuse brillante	773′ ($235^{m},60$)

Le tableau ci-après reproduit, en outre, d'après la coupe de M. Brady, la succession détaillée de toutes les couches traversées, en indiquant en pieds (*) l'épaisseur de chacune d'elles et sa profondeur au-dessous du fond de l'avant-puits.

(*) $1' = 0^{m},304794$, $1'' = 0^{m},025399$.

en contre-bas du fond du puits (en pieds et pouces)	NATURE DES COUCHES RENCONTRÉES	ÉPAISSEUR (en pieds et pouces)	PROFONDEUR en contre-bas du fond du puits (en pieds et pouces)	NATURE DES COUCHES RENCONTRÉES	ÉPAISSEUR (en pieds et pouces)
	Craie grise inférieure	91'	462'	Boue siliceuse	6'
91'	Craie marneuse dure	39'	468'	Argile gris foncé	5'
130'	Marne glauconieuse	8'	473'	Calcaire	8'
138'	Gault de couleur claire	48'	481'	Marne	4'
186'	Gault bleu foncé	70'	485'	Calcaire	2'
256'	Gault sableux	3'	487'	Marne	7'
259'	Grès	5'	494'	Grès	3'
264'	Calcaire à silex	2'	497'	Marne	3'
266'	Sable boueux vert foncé et noir	20'	500'	Calcaire gris noduleux	4'
286'	Argile gris bleu	17'	504'	Marne grise	1'
303'	Sable vert	4'	505'	Grès calcaire	3'
307'	Argile sableuse noire	14'	508'	Grès gris compact	4'
321'	Grès et sable blanc	2'	512'	Calcaire oolithique	7'
323'	Boue et sable gris foncé	37'	519'	Grès gris compact	1'
360'	Argile brune	19'	520'	Calcaire oolithique	7'
379'	Boue blanche fine	1'	527'	Calcaire siliceux gris	8'
380'	Marne charbonneuse gris foncé	13'	535'	Grès compact	2'
393'	Schiste noir	7'	537'	Marne grise	2'
400'	Boue siliceuse	6'	539'	Calcaire gris compact	1'
406'	Grès calcaire	3'	540'	Grès calcaire brun	2'
409'	Argile boueuse	18'	542'	Conglomérat coquillier	1'
427'	Calcaire	2'	543'	Marne gris foncé	2'
429'	Grès calcaire	1'	545'	Calcaire bleu	1'
430'	Schiste	14'	546'	Grès brun	12'
444'	Calcaire	1'	558'	Calcaire gris	4'
445'	Marne	5'	562'	Argile bitumineuse gris foncé	8'
450'	Calcaire compact	2'	570'	Grès en dalles	2'
452'	Galets quartzeux	1'	572'	Argile sableuse grise	4'
453'	Marne	4'	576'	Calcaire arénacé dur	7'
457'	Calcaire	5'	583'	Marne bitumineuse gris noirâtre	27'
462			610'		

PROFONDEUR en contre-bas du fond du puits (en pieds et pouces)	NATURE DES COUCHES RENCONTRÉES	ÉPAISSEUR (en pieds et pouces)	PROFONDEUR en contre-bas du fond du puits (en pieds et pouces)	NATURE DES COUCHES RENCONTRÉES	ÉPAISSEUR (en pieds et pouces)
610′	Calcaire noduleux gris	2′	785′	Grès et coquilles	1′
612′	Coral-rag blanc	42′	786′	Sable brun et terre	6′
654′	Calcaire argileux	3′	792′	Grès calcaire	3′
657′	Calcaire gris compact	6′	795′	Schiste boueux et marne	43′
663′	Grès lenticulaire	2′	838′	Calcaire marneux	1′
665′	Calcaire gris compact	1′	839′	Marne en plaques	7
666′	Grès brun lenticulaire	1′	846′	Roche concrétionnée avec débris de coquilles	2′
667′	Calcaire gris compact	5′	848′	Marne gris foncé dure	34′
672′	Grès noduleux	1′	882′	Calcaire marneux	1′
673′	Calcaire cristallin	7′	883′	Marne sableuse brune	22′
680′	Calcaire arénacé	4′	905′	Sable calcaire	2′
684′	Grès noduleux	1′	907′	Grès rognonneux	3′
685′	Calcaire gris terreux	4′	910′	Argile sableuse brune	1′
689′	Marne sableuse	1′	911′	Grès brun	4′
690′	Calcaire gris terreux	15′	915′	Sable calcaire	3′
705′	Marne sableuse	1′	918′	Calcaire gris dur	3′
706′	Calcaire gris	33′	921′	Sable calcaire	1′
739′	Argile marneuse	7′	922′	Grès brun	4′
746′	Calcaire coquillier	3′	926′	Sable calcaire	3′
749′	Argile sableuse	2′	929′	Grès lenticulaire	2′
751′	Calcaire compact	1′	931′	Argile terreuse	4′
752′	Argile sableuse	3′	935′	Sable calcaire	3′
755′	Calcaire bleu compact	1′	938′	Marne gris foncé	2′
756′	Argile sableuse	3′	940′	Argile gris bleu	12′
759′	Calcaire arénacé gris	10′	952′	Sable brun	1′
769′	Marne sableuse foncée	6′	953′	Marne grise dure	4′
775′	Grès	2′	957′	Calcaire coquillier	2′
777′	Marne noire	2′	959′	Marne grise	4′
779′	Grès	1′	963′	Calcaire siliceux	3′
780′	Marne terreuse	5′	966′	Grès	1′
785′			967′		

PROFONDEUR en contre-bas du fond du puits (en pieds et pouces)	NATURE DES COUCHES RENCONTRÉES	ÉPAISSEUR (en pieds et pouces)	PROFONDEUR en contre-bas du fond du puits (en pieds et pouces)	NATURE DES COUCHES RENCONTRÉES	ÉPAISSEUR (en pieds et pouces)
967′	Marne	1′	1091′	Marne	1′
968′	Calcaire coquillier	1′	1092′	Calcaire gris compact	1′
969′	Marne charbonneuse	5′	1093′	Marne	1′
974′	Calcaire terreux	1′	1094′	Calcaire gris dur	2′
975′	Marne	2′	1096′	Argile gris bleuâtre	5′
977′	Grès	1′	1101′	Calcaire terreux	1′
978′	Calcaire oolithique	8′	1102′	Argile gris bleuâtre	6′
986′	Grès	1′	1108′	Calcaire	1′
937′	Calcaire oolithique blanchâtre avec fragments de coquilles	9′	1109′	Marne	1′
996′	Marne	2′	1110′	Calcaire	1′
998′	Calcaire oolithique blanchâtre avec fragments de coquilles	15′	1111′	Marne	1′
1013′	Grès calcaire	5′	1112′	Grès	1′
1018′	Calcaire gris dur	14′	1113′	Schiste houiller	11′6″
1032′	Sable	1′	1124′6″	Grès	1′
1033′	Calcaire dur	3′	1125′6″	Lien (*Bind*)	11′
1036′	Sable calcaire	1′	1136′6″	*Couche de charbon*, brillant, horizontale, divisée vers son milieu par un nerf de grès de 1′ d'épaisseur	3′6″
1037′	Calcaire gris foncé	10′	1140′	Argile avec filets charbonneux	7′6″
1047′	Sable calcaire	1′	1147′6″	Grès	3′6″
1048′	Marne gris foncé	5′	1151′	Schiste avec un peu de charbon et filet charbonneux	6′6″
1053′	Grès calcaire	3′	1157′6″	Grès avec filets charbonneux	42′
1056′	Grès en dalles	3′	1199′6″	*Couche de charbon*	6″
1059′	Grès calcaire	4′	1200′	Grès	29′
1063′	Sable dur gris foncé	13′	1229′	*Couche de charbon*	2′
1076′	Argile grise dure	7′	1231′	Underclay	1′6″
1083′	Calcaire compact gris foncé	2′	1232′6″	Schiste	16′
1085′	Marne gris foncé	1′	1248′6″	Lien	28′6″
1086′	Calcaire argileux gris	3′	1277′	*Couche de charbon*	2′
1089′	Marne	1′	1279′	Lien	21′
1090′	Calcaire gris dur	1′	1300′	Grès	11′9″
1091′			1311′9″		

PROFONDEUR en contre-bas du fond du puits (en pieds et pouces)	NATURE DES COUCHES RENCONTRÉES	ÉPAISSEUR (en pieds et pouces)
1311′9″	*Couche de charbon*	1′3″
1313′	Schiste	1′6″
1314′6″	Lien gris foncé pierreux	47′
1361′6″	Grès	4′6″
1366′	Lien gris foncé avec lits gréseux.	38′
1404′	Lien bleu	12′
1416′	Lien gris foncé	11′
1427′	Argile réfractaire avec charbon.	1′
1428′	Argile réfractaire dure	5′
1433′	*Couche de charbon*	1′
1434′	Grès gris foncé	7′
1441′	Lien schisteux foncé	15′
1456′	*Couche de charbon* brillant de bonne qualité	2′6″
1458′6″	Argile réfractaire et lien	8′6″
1467′	Lien foncé pierreux	5′
1472′	Grès gris bleuâtre	12′
1484′	Grès gris foncé avec filets charbonneux	29′
1513′	Lien	2′
1515′	Grès avec filets charbonneux	16′
1531′	Grès gris foncé	5′
1536′	Grès gris avec filets charbonneux	13′
1549′	*Veinule de charbon*	»
	Lien gris foncé	2′6″
1551′6″	Grès	3′6″
1555′	Lien	4′
1559′	Lien gris foncé	11′
1570′	*Couche de charbon* à coke, brillant, de bonne qualité	2′3″
1572′3″	Lien	4′9″
1577′		

PROFONDEUR en contre-bas du fond du puits (en pieds et pouces)	NATURE DES COUCHES RENCONTRÉES	ÉPAISSEUR (en pieds et pouces)
1577′	Grès gris avec filets charbonneux.	30′
1607′	Lien	2′
1609′	Grès gris avec filets charbonneux.	64′
1673′	Grès gris grossier avec filets charbonneux	8′
1681′	Grès gris avec filets charbonneux.	48′
1729′	Lien gris foncé	10′6″
1739′6″	Grès gris avec filets charbonneux	24′3″
1763′9″	*Couche de charbon* brillant (C. 83,80 — H. 4,65 — O. 3,25. Pouvoir calorifique 14.867)	2′9″
1766′6″	Underclay	5′6″
1772′	Grès gris à grain fin	11′
1783′	Lien gris foncé	12′
1795′	Grès foncé et lien	4′
1799′	Grès gris foncé	32′
1831′	*Couche de charbon* brillant	1′8″
1832′8″	Underclay	3′4″
1836′	Grès gris à grain fin	5′
1841′	Lien gris foncé	10′
1851′	Argile gris foncé	2′
1853′	Schiste, lien et argile avec filets charbonneux	2′
1855′	Lien schisteux	3′
1858′	Lien foncé	2′
1860′	Grès gris foncé avec filets charbonneux et empreintes végétales	7′
1867′	Grès gris dur	5′
1872′	Grès gris dur avec taches et veinules charbonneuses	14′
1886′		

LE GRISOU AUX MINES D'ANZIN

1810-1892

Par M. A. FRANÇOIS, Ingénieur en chef des mines d'Anzin.

PREMIÈRE PARTIE

AVANT-PROPOS.

Parmi toutes les questions qui se rattachent à l'exploitation des mines, l'une des plus importantes est sans contredit la « question du grisou ».

L'étude qui va suivre comprend l'analyse de tous les accidents de grisou qui se sont produits à Anzin depuis le commencement du siècle. Cette étude a pour but de montrer de quelle façon s'est modifiée peu à peu l'opinion des mineurs. au triple point de vue de l'aérage, de l'éclairage et du tirage des mines, de suivre pas à pas les divers perfectionnements introduits dans l'exploitation, et d'indiquer par quelles transformations et au prix de quels sacrifices l'art des mines a passé de l'état primitif où il se trouvait, il y a près d'un siècle, à l'état où il se trouve aujourd'hui. L'ancienneté de la Compagnie, le soin avec lequel elle a toujours veillé à la sécurité de son personnel sont autant d'éléments qui peuvent donner quelque intérêt à la question qui nous occupe.

Deux ingénieurs de la Compagnie, M. Legrand et

M. Waymel, se sont attachés pendant de longs mois à recueillir dans les archives de la Compagnie tous les renseignements qui concernent le grisou, à faire l'analyse minutieuse des accidents et des mesures de sécurité qui en ont été la conséquence.

L'étude que l'on va lire est en grande partie leur œuvre.

§ 1. — LE GRISOU A ANZIN EN 1810.

Les archives de la Compagnie d'Anzin ne contiennent aucune trace d'explosion de grisou avant l'année 1811, ce qui permet de penser qu'à cette époque il ne s'était encore produit aucun de ces accidents qui laissent dans les esprits des impressions trop pénibles pour que le souvenir s'en efface complètement ; mais les victimes du grisou étaient pourtant déjà nombreuses, si l'on en juge d'après le rapport suivant qui concerne la fosse Lomprez.

« Pour une extraction de 45 tonneaux (*) seulement par jour, il faut tenir une machine à feu et une machine de rotation en activité, payer un mesureur et un porion, plusieurs gardes, ramasseurs de gros et avoir de temps en temps sur la table du chirurgien quelques ouvriers brûlés de grisou dont une partie après leur guérison ne peuvent plus supporter la fatigue du fond. »

Aussi, les moyens à employer pour combattre le grisou préoccupaient-ils déjà vivement à cette époque les exploitants qui nous ont laissé à ce sujet un certain nombre de rapports, documents précieux qui vont nous permettre, avant d'aborder l'étude des accidents survenus depuis cette époque, de nous rendre compte de ce qu'était alors le grisou à Anzin, de l'idée exacte que l'on s'en faisait, de la situation dans laquelle se trouvait

(*) La capacité d'un tonneau était de 7 ^{hect},25.

le mineur vis-à-vis de ce redoutable ennemi, et des moyens, tantôt très judicieux, tantôt vraiment bizarres, que l'on employait ou proposait d'employer pour le combattre.

L'un des plus intéressants de ces rapports est une note rédigée par M. Boissau, vérificateur, sous le titre de *Note sur le grisou* (15 février 1811).

Opinion des exploitants. — « Si quelqu'un, nous dit M. Boissau, doit être intéressé à chercher un préservatif contre les résultats dangereux du fléau terrible que l'on nomme selon les lieux feu Brison, feu Brisou, feu Volage, feu Grisoux, cette dernière qualification paraît être la mieux applicable au sujet parce qu'elle a plus d'analogie que les autres avec le mot feu Grégeois, ainsi décrit dans le dictionnaire de Richelet : « Feu qui brûle même dans l'eau », quoique cependant le grisou ne brûle pas dedans mais bien quelquefois dessus l'eau ; si quelqu'un, disons-nous, doit être intéressé à chercher un préservatif contre le grisou, ce doit être celui qui est en butte à ses pernicieux effets, puisque sa vie est chaque jour exposée. Mais, malheureusement les personnes, qui voient le plus souvent les explosions de ce météore, n'ont pas reçu les instructions convenables pour découvrir un remède efficace, en supposant qu'il en existe, dont l'application puisse préserver entièrement tous les mineurs.

« Ce qu'on a pu faire jusqu'à présent, c'est de paralyser autant que possible ses effets par plusieurs moyens dont le meilleur connu et employé est de faire circuler avec vivacité l'air dans les lieux où sa présence se fait remarquer (*).

(*) Près d'un siècle s'est écoulé depuis l'époque où cette théorie a été émise, et nous partageons encore entièrement aujourd'hui l'opinion de M. Boissau.

« On le reconnaît de trois manières : par l'odorat, c'est-à-dire par la gêne que l'on éprouve dans la respira tion, par le bruit, ou enfin lorsqu'il se montre sur le lumion de la chandelle. Mais il faudrait être plus habile que ne le sont dans cette partie la plupart des mineurs pour reconnaître à ces seuls indices les lieux où il est assez abondant ou non pour s'enflammer.

« Quoique ayant visité beaucoup de lieux où ce météore existe, je n'ai pas encore eu le malheur de le voir en grande explosion, mais bien plusieurs fois en petites; voici quelques singularités que j'ai remarquées tant par moi-même que par ce que j'en ai entendu dire par les autres.

« Des personnes instruites veulent que plus le grisou mène de bruit, plus il est dangereux; parce que, disent-elles, c'est en se dégageant qu'il occasionne ce bruit, et plus ce bruit est fort, plus la quantité de gaz qui se dégage est grande; donc il est d'après cela plus dangereux. D'autres personnes, et ce sont celles qui le voient le plus souvent, prétendent que ce n'est pas quand le grisou fait beaucoup de tapage ressemblant tantôt à une averse de pluie, tantôt au bruit des ailes d'une ruche entière d'abeilles en insurrection, tantôt au bouillonnement de l'eau, tantôt enfin à un petit bruit plaintif assez ressemblant au coassement des grenouilles, etc., etc., qu'il y a le plus de danger; que c'est au contraire quand on ne l'entend plus qu'il devient davantage à craindre, parce qu'alors s'il arrive une explosion, elle est plus forte.

« On a vu plusieurs fois dans le charbonnage de Mons, par une grande explosion, le grisou remonter depuis le fond de la fosse jusqu'à la surface du sol, incendier la machine à molettes et brûler les hommes et les chevaux qui se trouvaient dedans. Quelquefois, on l'a vu aussi, après être monté à la surface de la terre, s'étendre dans quelques sillons de terres environnant le

terri, sans avoir causé le moindre mal aux ouvriers du fond ; mais ceci n'arrive que très rarement et plutôt en été qu'en hiver.

« On a également vu plusieurs fois des ouvriers qui, s'étant trouvés près du tourbillon de flammes du grisou, quoique n'ayant été que peu ou point brûlés, parce qu'ils avaient eu la précaution de se jeter ventre à terre, avaient, sur leurs vêtements de toile de lin, une infinité de trous ronds (occasionnés, je pense, par les étincelles) depuis la plus petite dimension jusqu'à la largeur de 3 ou 4 millimètres.

« Une remarque que j'ai faite bien souvent, c'est que jamais le grisou ne s'enflamme sans explosion et telle petite que fût la flamme elle était toujours spontanée. Je l'ai vue plusieurs fois n'avoir pas plus de la largeur de la main, parcourir avec la vitesse de l'éclair quelques toises sur le rotonnage ou dans le quernez de la galerie, puis tout à coup s'éteindre : dans ce cas, il n'y a rien à craindre. Mais quand cette flamme se porte à la partie supérieure de la taille ou galerie (et c'est ce qui arrive le plus ordinairement), c'est alors qu'il y a du danger, surtout lorsqu'en s'éteignant il détone avec vent. Ce vent est quelquefois si impétueux qu'il fonce les fenêtres d'aérage à contresens de leur ouverture, les brise en morceaux et renverse tout ce qui se rencontre sur son passage, même les molettes de la machine, qu'il emporte au loin dans les terres environnant la fosse.

« Quel que soit le volume de la flamme, elle est toujours nuancée de plusieurs couleurs qui s'entremêlent et se croisent réciproquement et continuellement sans que l'une d'elles ait l'apparence de se fondre dans une autre. Mais le peu de durée de ces explosions et la situation dans laquelle on se trouve lorsqu'elles ont lieu ne donnent pas le loisir de faire des remarques rigoureusement exactes.

« Il arrive souvent que le grisou met le feu à la veine, sans que ce feu occasionne une seconde explosion ; il arrive également souvent que la flamme qu'il produit va se blottir dans un coin et s'y absorber ; mais le plus souvent ce n'est qu'après lui avoir entièrement coupé l'air en bouchant son issue qu'il s'éteint. Ce moyen ne réussit pas toujours, car on est quelquefois obligé d'aller jeter de l'eau dessus, ou d'agiter un chapeau ou une pelle pour s'en débarrasser.

« Il est des personnes qui disent que le grisou ne prend feu que lorsque l'aérage est modéré et que le trop ou le trop peu d'aérage empêche les inflammations. Cette opinion paraît un peu douteuse, et il est à croire que le trop peu d'air (à moins qu'il n'y en ait pas assez pour pouvoir y tenir une chandelle allumée) provoque les inflammations au lieu de les empêcher. »

Cette note nous montre bien l'idée que se faisait du grisou le mineur du commencement de notre siècle et la situation périlleuse où il se trouvait : il était forcé de vivre avec le grisou, d'engager en quelque sorte avec lui, une lutte corps à corps « de le voir maintes fois en petite explosion, d'aller lui couper l'air, ou jeter de l'eau dessus, ou d'agiter un chapeau ou une pelle pour s'en débarrasser » (*).

(*) Le costume du mineur de l'époque comprenait quelques accessoires dont la description est assez caractéristique. Le mineur au travail portait aux pieds, pour les garantir contre les brûlures du grisou, des *housettes*, sorte de bottines en toile avec guêtres qui se liaient au-dessus de la cheville ; il avait souvent aux mains des gants et la tête était couverte d'une calotte en toile, *cendrinette*, qui protégeait les oreilles et le cou. Les housettes, gants et cendrinettes furent supprimés vers l'année 1827.

Nous n'avons trouvé dans les archives de la Compagnie aucune trace de l'existence du *pénitent* qui, dans certains bassins houillers à couches puissantes, était chargé de mettre le feu au grisou avant la descente des ouvriers.

Voyons maintenant de quelles armes disposaient nos anciens au triple point de vue de l'aérage, de l'éclairage et du tirage des mines.

1° *Aérage.* — Les mineurs de 1810 avaient des idées très justes sur l'aérage ; ils savaient que le moyen le plus sûr « de paralyser le gaz était de faire circuler l'air avec vivacité ». D'ailleurs, les *toquefeux*, les foyers étaient connus depuis longtemps. Il existait toujours à cette époque une double communication avec la surface. Comme on ne connaissait pas encore les rails et les wagonnets, les difficultés du transport à l'intérieur étaient si grandes qu'on était obligé de creuser les puits à une très faible distance les uns des autres. (Pour une extraction de 233.000 tonnes, en 1810, la Compagnie n'avait pas moins de 25 puits d'extraction.)

On voit de suite combien cette circonstance était favorable à l'aérage : le peu de développement des travaux n'exigeait, pour la circulation de l'air, qu'une faible dépression qu'on obtenait facilement avec des foyers très primitifs.

On cherchait d'ailleurs sans cesse à perfectionner les moyens d'aérage, car nous lisons dans un rapport les phrases suivantes : « Les cheminées d'aérage d'une grande élévation, à l'instar de celles du Borinage, vont bien et font un bon effet, tant sur les fosses à grisou que sur les autres. L'essai de diriger l'aérage par un conduit qui aboutit au feu des machines à feu et à rotation n'a pas produit le bien que l'on en attendait : il serait peut-être bon de ne pas se tenir pour battu (*). »

2° *Éclairage.* — Le système d'éclairage était au com-

(*) Pajot-Descharmes disait, en 1784, que « si les mines d'Anzin sont peu sujettes au feu *terrou*, c'est à la bonne distribution de l'air qu'on est redevable de l'éloignement de cet ennemi des mineurs. »

mencement du siècle absolument rudimentaire. Le rouet à silex (*) (*steel mill and flint*), inventé en Angleterre vers 1756, n'avait donné que de mauvais résultats et était abandonné depuis longtemps.

Le mineur de 1811 faisait usage d'une chandelle encastrée dans un morceau de bois à pointe de fer qu'il fixait au boisage. On discutait alors gravement les avantages que pouvait présenter au point de vue du grisou la substitution de la bougie à la chandelle. « On n'a point encore fait, lisons-nous dans un rapport, l'essai de l'emploi des bougies ; cependant on croit qu'elles seraient bonnes parce que leur flamme est moins vacillante et moins longue que celle des chandelles. »

C'est aussi vers cette époque que la Compagnie d'Anzin fut amenée à essayer l'emploi des lampes « à six becs » décorées alors du titre de lampes à grisou, plus connues dans l'histoire des mines sous le nom de *lampes éternelles*.

On désignait ainsi des feux placés à poste fixe au toit des tailles ou des galeries pour consumer le grisou au fur et à mesure de son dégagement sans lui permettre d'atteindre dans l'atmosphère une proportion dangereuse. Ce moyen était extrêmement dangereux, on le conçoit sans peine, et les lampes à grisou ne répondirent pas au but que l'on se proposait.

Laissons d'ailleurs à l'auteur dont nous avons déjà parlé, M. Boissau, vérificateur, le soin d'en faire le procès.

« On croit peut-être que l'on emploie les lampes que la Compagnie a fait acheter pour préserver du grisou les ouvriers au fond de la mine ; il n'en est rien. Les essais que l'on a faits de ces lampes se bornent à zéro, attendu

(*) Il existe, je crois, un seul modèle de ce curieux appareil ; il se trouve au musée de Newcastle.

que le peu de ces lampes que l'on a employées ont toujours été placées à une distance respectable du lieu où le dégagement s'opérait (nous voulons dire de la taille), que rarement on allumait plus de deux ou trois mèches à chaque lampe et qu'aujourd'hui même on n'en tient que deux en tout, savoir : une à deux becs au Chaufour et une à trois becs au Retour-Lomprez ; encore celle-ci n'est-elle allumée que depuis peu.

« On n'a pas tenu un plus grand nombre de ces lampes allumées parce que, nous le déclarons, elles ne paraissent nullement préservatrices, et quand elles auraient cette propriété, l'emploi en est impraticable, et nous allons le démontrer.

« Elles ne sont point préservatrices parce que le gaz, en telle petite quantité qu'il soit, ne s'enflamme jamais que spontanément.

« Mais admettons qu'elles soient préservatrices.

« Comment les placerait-on pour s'en servir ? L'inventeur de ces lampes dit lui-même que, si on pose la lampe trop loin de l'endroit où se fait le dégagement, il est certain que son action sur le gaz sera moins forte et que les lumières qui pourraient se rencontrer entre le lieu de dégagement et la lampe pourraient aussi l'enflammer ; c'est d'ailleurs ce qui vient d'être prouvé par deux explosions arrivées, le 31 mars dernier, à la fosse du Retour-Lomprez, où le grisou s'est enflammé à 8 et à 18 mètres de distance de la lampe entre cette même lampe et la taille.

« On sait par expérience que c'est à front de la taille, c'est-à-dire à la pointe de l'outil de l'ouvrier, que le principal dégagement s'opère, puisque le grisou y prend feu plus de dix fois contre une ailleurs. On sait aussi que chaque mineur a indispensablement une lampe pour s'éclairer, et que cette lumière se trouve toujours plus près que la lampe du lieu où s'opère le dégagement, à moins

que l'on ne veuille s'éclairer avec la lampe même. Ainsi, de telle manière que l'on place cette lumière, elle sera toujours entre le lieu du dégagement et la lampe.

« Admettons encore qu'en plaçant une lampe derrière chaque ouvrier, le feu grisou ne s'enflammera pas. Serait-il possible alors que les ouvriers puissent supporter l'odeur et la chaleur de toutes ces lampes? Et quand l'odeur et la chaleur ne feraient aucun mal à l'ouvrier, est-il possible de placer ces lampes dans les tailles? Nous affirmons que non.

« Si, dans les déclarations que nous venons de faire, il s'en trouve de suspectes, nous nous offrons séparément ou tous ensemble pour aller au fond avec l'inventeur dans un lieu qu'il désignera lui-même, pour prouver par expérience que nous n'avons rien avancé de faux.

« Alors, si tous les ouvriers peuvent supporter la chaleur et la fumée qu'elles procureront, et que le grisou ne fait pas explosion, la découverte ne laissera aucun doute sur ses heureux effets. Si, au contraire, les ouvriers ne peuvent souffrir cette chaleur ou cette fumée, ou que le grisou continue ses ravages, on sera assuré que ce moyen ne vaut rien, et alors on pourra s'occuper à chercher d'autres moyens, tout en ne négligeant pas *l'ancien*, *qui est d'établir un cours d'aérage le plus actif et le plus frais possible.* »

3° *Tirage des mines.* — Pendant que l'on tentait, malheureusement sans grand succès, de conjurer les dangers de l'éclairage à la chandelle, on s'efforçait d'améliorer le tirage des mines en rendant l'allumage moins périlleux. C'est encore une note de M. Boissau qui nous renseigne à ce sujet.

L'explosif était la poudre noire en grains, telle qu'on l'emploie encore aujourd'hui dans certaines mines :

« C'est surtout où on emploie la poudre, dit-il, comme,

par exemple, dans les percements de puits et de galeries et même au coupage du mur, que les dangers sont plus fréquents, parce que, lorsque l'on met le feu à la mèche d'une mine chargée, l'ouvrier se sauve; mais il arrive souvent que cette mèche, qui est faite de chanvre imprégné de suif, touchant toujours immédiatement à la roche, s'enflamme à cause du grisou avec une vitesse étonnante; en un clin d'œil la flamme s'allonge jusqu'à un demi-pied et même plus de longueur; alors l'ouvrier qui n'est encore qu'à quelques pas de sa mine court deux risques, celui de se voir brûler par une explosion subite de grisou, ou d'être détruit par celle de la mine.

« J'ai imaginé, pour se garantir de l'un et de l'autre de ces périls, d'employer des mèches d'amadou ou de papier imprégné de soufre ou d'artifice, en essayant d'abord par l'amadou, et j'ai trouvé que ce moyen était infaillible; aussi suis-je prêt à le prouver non seulement par le raisonnement, mais encore par expérience soit au jour, soit au fond de la mine.

« Les mèches imprégnées de soufre ou d'artifice serviraient plus utilement dans les approfondissements des puits où il tombe ordinairement de l'eau, parce qu'elles seraient moins sujettes à s'éteindre que celles d'amadou et que celles dont on se sert aujourd'hui. »

Essai de décomposition chimique du grisou. — La Compagnie recevait en même temps de chercheurs extravagants des propositions, intéressantes par leur bizarrerie même, qui montrent combien on cherchait loin la solution d'un problème qui passionnait l'opinion publique.

Le 5 février 1810, un certain Léonard Richer adressait « à MM. les Intéressés Régisseurs des mines d'Anzin, Raismes, etc. », la note suivante sous le titre de :

« *Moyen proposé pour empêcher l'explosion du feu vulgairement appelé grisou.*

« Après quelques jours de travail, la taille est remplie d'un air méphytique et chargé de particules de soufre et de bitume qui composent le charbon. C'est la lumière qui sert à éclairer l'ouvrier à son travail qui met le feu à cet air grossier.

« Pour empêcher cette explosion, il faut chercher à purifier l'air en le déchargeant des miasmes malfaisants et des particules carboniques dont il est rempli. Je crois qu'on pourrait y parvenir en éteignant dans la taille avec de l'eau claire une certaine quantité de chaux. La meilleure est celle qui est faite de pierres dures et dont la fumée est fort épaisse.

« Pendant la fusion de cette chaux, on ferait dans la dite taille de fortes injections d'eau claire à l'aide d'une pompette faite exprès pour cet usage.

« Ce qui me porte à croire que ce moyen pourrait réussir, c'est que la chaux contient beaucoup d'alcalis qui, étant fermentés, deviennent volatils, que les alcalis changent la forme des corpuscules des acides et que la chaux vive absorbe même l'acide de l'eau-forte. Cette substance changerait tellement et si subitement le caractère de l'air, que dans un instant il se purifierait et cesserait d'être nuisible.

« De plus, l'eau fraîche fortement injectée entraînerait avec elle les particules carboniques qui chargent l'air.

« Ne connaissant pas l'intérieur des travaux, il se pourrait que mon moyen ne réussît pas, tel que je le propose; mais je crois fortement que, perfectionné par les gens de l'art, il pourrait réussir, surtout si l'air avait un libre cours vers le foyer. Dans ce cas, l'air atmosphérique appelé dans l'intérieur de la taille entraînerait avec lui l'air méphytique. »

L'auteur de ces belles élucubrations ajoutait dans une autre lettre :

« Depuis quelque temps on a fait diverses expériences qui font espérer qu'avec le temps on pourra parvenir à éteindre entièrement ce feu cruel. Il est vrai que jusqu'ici on n'a encore essayé que la première partie de mon moyen, c'est-à-dire la fusion de la chaux à laquelle on a joint quelques gouttes d'alcali volatil d'ammoniac, et que l'on n'a pas encore employé le second, c'est-à-dire les injections d'eau fraîche. Je crois que ce dernier moyen achèverait de maîtriser le feu grisou (*). »

Résumé de la situation. — Cet exposé de la théorie de Léonard Richer achèvera de caractériser, au début de la lutte à laquelle nous allons assister, l'état de la question qui nous intéresse et qui peut se résumer ainsi :

D'une part des manifestations quotidiennes et violentes de la présence du grisou, d'autre part une situation déplorable au point de vue de l'éclairage et du tirage à la poudre à l'aide de mauvaises mèches.

Seul, l'aérage semble être bien conçu et reposer sur des principes qui ont encore aujourd'hui toute leur valeur. Malgré tous les perfectionnements introduits dans les mines depuis près d'un siècle, les exploitations grisouteuses ne présentent une sécurité relative que si l'aérage est assez abondant pour « paralyser le gaz », suivant l'expression de nos anciens, qui ne pouvaient travailler qu'avec une lumière nue.

(*) Depuis lors, bien d'autres se sont engagés sur les traces de notre chercheur : le chlorure de chaux, l'éponge de platine ont été successivement proposés et essayés avec le même insuccès. On a même proposé d'absorber l'hydrogène du grisou à l'aide du chlore dégagé par un mélange d'acide sulfurique et de chlorure de magnésium, procédé bizarre qui aurait attaqué bien plus sûrement les poumons des ouvriers que le grisou. Le problème du *grisou vaincu chimiquement* est d'ailleurs abandonné aujourd'hui et semble relégué au rang des utopies.

J'ai déjà dit plus haut que, si la ventilation en 1810 était à peu près satisfaisante, la cause devait en être attribuée, partie aux efforts des exploitants, partie aux méthodes d'extraction et aux difficultés du transport souterrain qui entraînaient le fonçage de très nombreux puits, et la réduction de la production à 40 tonnes environ par siège et par jour.

Mais les progrès des méthodes d'exploitation, le développement des travaux, l'augmentation de la production vont se traduire par un accroissement des causes de danger et par des difficultés de plus en plus grandes.

Il n'est pas sans intérêt de dire ici que le prix de revient de la main-d'œuvre, pour une tonne de houille, était absolument le même il y a cent ans qu'aujourd'hui.

Mais le salaire du mineur, qui était de 1f,25 à 1f,50 par jour, est aujourd'hui d'environ 6 francs.

Toutes les améliorations introduites dans l'art des mines se sont donc traduites par une augmentation des salaires.

Le but le plus noble que puisse se proposer la science est évidemment de contribuer au développement du bien-être des travailleurs.

On peut dire que pour les mines ce résultat a été atteint.

§ 2. — PÉRIODE 1811-1823.

Explosions à la fosse du Retour-Lomprez. — 22 *mai* 1811 (Sept brûlés). — La première explosion dont il soit fait mention dans les archives de la Compagnie se produisit à la fosse du Retour-Lomprez (*) le 22 mai 1811. Le

(*) La fosse Lomprez, ouverte à Saint-Vaast en 1764, fut abandonnée en 1778 à cause de l'affluence des eaux du Torrent; elle fut réouverte en 1806 pour épuiser les eaux du Retour-Lomprez. La fosse du Retour-Lomprez, ouverte en 1803, fut exploitée

grisou s'enflamma au contact d'une chandelle dans la grande veine du midi en plat, au niveau de 177 mètres, où l'on avait chassé au nord 230 mètres, avec trois tailles de relevée; sept ouvriers furent fortement brûlés; le courant d'air fut arrêté par les éboulements et l'exploitation suspendue. Les difficultés rencontrées pour rétablir l'aérage amenèrent l'abandon de cette exploitation.

Retour-Lomprez, 31 *mars* 1813 (Un tué, un blessé). — Moins de deux ans après, le 31 mars 1813, au même niveau et dans la même veine, se produisit un nouvel accident.

« A cinq heures après midi, la coupe étant remontée, il ne restait dans les travaux que quatorze ouvriers de nuit composés de hercheurs à terre, coupeurs de mur et rehausseurs accompagnés de leur surveillant, lorsque tout à coup le grisou s'enflamma sur la chandelle d'un hercheur à terre, dans le châssis d'airage, à 200 mètres de distance du puits, et fit une si terrible explosion que deux ouvriers ont été brûlés et les autres bouleversés et poussés par l'impétuosité des vents avec tant de violence que plusieurs d'entre eux en ont reçu des commotions très fortes; les six fenêtres d'airage les plus rapprochées de l'endroit où l'explosion avait eu lieu furent démantelées, brisées ou déplacées et emportées au loin; de sorte que, par ce dérangement des fenêtres d'airage, les deux malheureux ouvriers brûlés se trouvaient sans airage. L'un des deux est parvenu à se sauver et on a retrouvé l'autre mort sur la place, étant accroché par sa bretelle à un roton (pièce de bois), qui l'a probablement retenu, et le

de 1807 à 1817; abandonnée à cette époque à cause de la violence inouïe des dégagements de grisou, elle fut reprise en 1828. Son extraction, en 1813, était de 40.000 hectolitres par an. Ces deux fosses furent serrementées en 1854.

malheureux, étourdi du coup, se trouvant hors de connaissance, se sera laissé asphyxier.

« Par hasard, le maître-porion se trouvait auprès de cette fosse avec un des juges de paix de Valenciennes, lorsque l'ouvrier remonta au jour. Le maître-porion ne perd pas contenance, prend de suite trois hommes avec lui et descend au fond pour voir ce que sont devenus les treize autres ouvriers ; il les trouve tous assoupis au milieu de la chasse, se désolant et paraissant ne plus avoir la force ni la volonté de remonter, leur fait flairer et même boire le vinaigre antiseptique, les oblige à remonter avec lui et fait aussi transporter au jour le cadavre du mort.

« Pendant que l'on était allé au secours des ouvriers restés au fond du puits, M. le juge de paix manifesta son mécontentement en disant que c'était abominable de voir toujours des malheurs de cette nature à la même fosse et qu'il en ferait son rapport. »

Retour-Lomprez, 9 *avril* 1813 (Deux brûlés). — Dix jours après, le 9 avril, deux nouvelles explosions se produisaient encore au Retour-Lomprez ; la violence des dégagements de grisou avait amené l'emploi des « lampes à grisou » dans cette fosse ; mais l'expérience, d'accord avec les conclusions du rapport de M. Boissau que nous avons cité, prouva nettement l'inefficacité de ces appareils ; en effet, la première explosion éclata à 18 mètres environ du lieu où était placée une lampe à grisou, et la deuxième à 8 mètres du même point. De ces deux accidents, le second seul fit deux victimes, qui ne furent d'ailleurs atteintes que légèrement.

Explosion à la fosse du Chaufour, 9 *octobre* 1813 (Trois brûlés). — Le 9 octobre de la même année, la fosse du Chaufour était à son tour le théâtre d'une explosion de grisou qui brûla trois ouvriers. La taille de fond de

moyenne veine couchant, au niveau de 309, venait d'être remontée au delà d'un cran; pour ne percer le cran qu'une seule fois, on avait établi le châssis de retour d'air à très peu de distance de la voie de fond, au lieu de le percer au coupement de la taille, dont toute la partie supérieure n'était plus aérée que par diffusion. Une accumulation de gaz s'y produisit, déterminant une explosion.

« Après l'explosion, dit le rapport du vérificateur, on a eu la précaution de ne plus travailler à la taille de fond avant que le châssis d'airage du coupement de cette taille fût terminé, et on a eu raison, parce qu'un châssis au coupement vaut toujours infiniment mieux qu'un châssis dessus la voie de fond, et cela pour les raisons suivantes :

« Lorsque l'airage passe et repasse par deux conduits touchant l'un à l'autre, comme le sont la voie de fond et le châssis provisoire, il est sujet à s'échapper par son chemin de retour avant d'avoir été jusqu'à la taille, et le peu qui en arrive ensuite à cette taille n'y monte en haut qu'avec peine et difficulté, au lieu que lorsque l'airage passe et repasse par deux voies assez distantes l'une de l'autre, comme par conséquent la voie de fond et le châssis du coupement, aucune de ces entraves n'a lieu. »

Pendant une période de quelques années, les annales de la Compagnie vont rester muettes sur la question du grisou : faut-il en conclure que le fléau ait suspendu ses ravages ? Il est permis d'en douter. Mais la France entrait alors dans une période de troubles ; l'invasion étrangère appelait à la frontière tous les hommes valides, arrachant à leur travail une grande partie des mineurs et désorganisant tous les services ; dans de telles conditions prenait-on le soin de compter les victimes du grisou quand chaque jour des milliers d'hommes tombaient sous les balles de l'ennemi ?

Fosse du Retour-Lomprez, 8 *février* 1817 (Un tué, sept blessés). — La fosse du Retour-Lomprez rentre en scène au commencement de 1817 ; le 8 février, une explosion de grisou éclata dans la veine Pleureuse : huit ouvriers furent atteints ; l'un d'eux, un galibot, fut retrouvé mort dans le potia de l'accrochage. « A dater de ce jour, on ne put parvenir à extraire un tonneau de charbon de cette malheureuse fosse », qui fut abandonnée jusqu'en 1828.

Fosse du Retour-Lomprez, 1818 (Un tué, trois blessés). — Une tentative faite l'année suivante pour rentrer dans ses travaux amena une nouvelle explosion. Trois ouvriers travaillaient au percement d'une communication d'aérage ; le porion, qui faisait sa tournée de ce côté suivi d'un galibot, « s'avança quelques pas en allant vers les fronts d'où l'airage venait ; il ne fut pas à six mètres en avant que le grisou prenait feu sur sa chandelle, les brûlait tous à l'exception d'un seul et, dans l'explosion, les bouleversait et jetait le petit galibot dans le potia du tonneau où il a été probablement arrêté par le tablier préservatif. La détonation a été si forte qu'elle a été entendue comme un coup de canon. Aussitôt le seul des ouvriers qui n'avait pas été atteint va à la rencontre des malheureux brûlés, les trouve à quelques pas de l'accrochage dans un état pitoyable, alors, certain que le petit galibot manquait, le cherche longtemps seul et sans lumière (il n'aurait osé se servir de la sienne qui était dans une lanterne restée au lieu où était son travail), et laisse remonter les trois brûlés. Enfin à force de tâtonner, il parvient à trouver ce pauvre petit dans le potia, le prend dans ses bras, l'emporte auprès de sa lumière et après l'avoir bien examiné voit qu'il avait une grande ouverture à la tête et le cou cassé. »

C'était la sixième explosion de grisou qui se produisait au Retour-Lomprez depuis 1811. Il n'y avait aucune rai-

son pour que le lendemain, le jour même, un nouvel accident ne se produisît, tant que le mineur aurait au chapeau cette fatale chandelle qui faisait détoner à chaque instant le grisou.

La Compagnie n'avait plus que deux alternatives, ou modifier son mode d'éclairage, ou renoncer à l'exploitation des fosses grisouteuses.

Conférence du 14 juin 1818. Premier essai de lampe Davy. — Depuis quelques années, les administrateurs se réunissaient à des époques déterminées en conférences (*) où ils étudiaient les questions importantes qui leur étaient soumises au point de vue de l'exploitation. Dans la conférence du 14 juin 1818 fut décidée l'une des innovations les plus importantes qui dussent être apportées dans l'art des mines, « l'introduction de la lampe Davy ».

Voici ce que dit à ce sujet le rapporteur de cette conférence :

« Monsieur Scipion Perier nous ayant fait emplette de trois lampes destinées à préserver l'ouvrier des dangers du grisou, le directeur d'Anzin à qui elles sont remises s'entendra avec M. Tournelle, mécanicien, sur les moyens de s'en servir utilement.

« Il paraîtrait d'abord qu'il conviendrait d'en munir les ouvriers chargés d'épousseter (**) les tailles ainsi que ceux qui doivent aller préparer l'ouvrage dans les endroits les plus dangereux. Mais il sera bon que le directeur ait l'attention de se faire représenter ces lampes assez souvent pour s'assurer qu'elles sont en bon état, car le moindre dégât au tissu les rendrait pernicieuses.

(*) La première conférence eut lieu le 10 novembre 1810.
(**) Epousseter ou dépourrer une taille consistait à agiter une barrette ou vêtement en tous les points où pouvait se loger une accumulation de gaz pour déterminer le mélange du grisou et de l'air.

Il faudra avoir soin aussi de recommander à l'ouvrier de ne jamais les ouvrir dans un lieu où il y aurait du danger à craindre.

« Monsieur Tournelle se charge de procurer l'adresse du marchand à l'agent général pour que l'on puisse augmenter le nombre de ces lampes et se procurer en même temps 3 mètres de tissu d'égale finesse à celui des lampes arrivées afin de pouvoir les réparer; il sera observé au fournisseur que si ce tissu pouvait être en laiton il serait préférable en ce qu'il résisterait davantage (*) ».

Malheureusement l'exécution de cette sage décision rencontra un grave obstacle: la douane française arrêta au passage les lampes Davy et n'en laissa passer que quelques-unes à titre d'échantillon; la Compagnie parvint à grand'peine à en faire entrer un petit nombre en contrebande par la frontière belge.

(*) A la suite de l'explosion de Felling Colliery, en 1812, en Angleterre, où quatre-vingt-douze hommes périrent, on fonda à Sunderland une association qui se proposait de rechercher les causes de ces calamités et les moyens de les prévenir. Cette association provoqua, pendant l'automne de 1815, la visite de sir Humphrey Davy dans le bassin du Nord de l'Angleterre, visite à la suite de laquelle parut la lampe de sûreté à tamis métallique.

Les origines de la lampe de sûreté sont encore discutées en Angleterre; on trouve mention d'une lampe de sûreté inventée, en 1796, par Humbolt. La première lampe essayée souterrainement fut celle inventée par le docteur Clanny, en 1813, et décrite dans les *Philosophical Transactions* de cette même année. Cet appareil était trop compliqué et trop encombrant pour un usage pratique. Avant que sir Humphrey Davy eût amené son invention à maturité, une lampe basée sur des principes à peu près semblables avait été construite et essayée par Georges Stephenson, alors ingénieur de houillères à Killingworth. Les deux lampes différaient en ceci que, tandis que sir Humphrey faisait reposer la sécurité de la lampe sur le principe de l'extinction des flammes passant par des orifices étroits, tels que les mailles d'un treillis métallique, Stephenson pensait qu'en entourant la flamme d'un tube de verre, la sortie des produits de la combustion par le haut empêcherait l'inflammation du grisou. (Extrait du *Rapport* de MM. Pernolet et Aguillon.)

Cette circonstance fatale ménageait aux mineurs d'Anzin de nouveaux et terribles malheurs.

Explosion à la fosse Saint-Jean, 19 *août* 1818 (Huit brûlés). — Le 19 août 1818, un porion était descendu avec sept ouvriers de la coupe à terres pour remblayer les tailles de la veine Baleine à la fosse Saint-Jean (*); les ouvriers étaient éclairés au moyen de chandelles; seul, le porion était muni d'une lampe Davy, qu'il ne devait d'ailleurs allumer qu'en arrivant près des fronts.

« A deux tiermes environ des fronts, ce dernier s'aperçut qu'une fenêtre d'aérage était déclouée et laissait échapper de l'air par une issue qui ne convenait pas. Aussitôt il ôte les gants qu'il avait aux mains pour se préserver du grisou et se met en devoir de réparer lui-même la fenêtre. Il pose son chandelier sur le palplanche et, s'apercevant que le grisou se montre sur les lumières, il ordonne aux petits galibots de rétrograder pour qu'en cas d'explosion ils ne soient pas exposés. Mais ceux-ci n'avaient pas fait cinq pas que tout à coup l'explosion éclate. La flamme passe à trois reprises sur le corps de ces malheureux qui furent tous les huit assez fort brûlés.

« Le porion, ajoute le rapport du vérificateur, n'était pas arrivé au lieu où il convenait d'allumer la lampe préservatrice qu'il portait, puisque selon moi cela ne devait arriver qu'au delà des fenêtres ».

Il est bien évident que ce n'étaient pas les trois lampes achetées par M. Scipion Perier et les quelques lampes soustraites aux saisies de la douane qui pouvaient permettre de modifier l'éclairage des fosses grisouteuses et d'assurer la sécurité des ouvriers. Tant que cette sage réforme ne serait pas généralisée, il fallait s'attendre à voir encore le grisou s'enflammer fréquemment sur les chandelles.

(*) La fosse Saint-Jean fut ouverte à Anzin en 1780.

Fosse du Retour-Lomprez, 30 *avril* 1819 (Un brûlé). — C'est en effet ce qui arriva au Retour-Lomprez, le 30 avril 1819. Cette fosse, nous le savons, était abandonnée depuis deux ans ; l'année précédente, une tentative faite pour y rentrer avait amené un nouvel accident. Il est probable que l'on ne renonçait pas volontiers à l'exploiter, car on continuait à entretenir le foyer d'aérage.

« Depuis quelque temps, on était occupé à extraire les eaux que l'on avait laissé s'accumuler au fond de la fosse à la suite de l'explosion du 3 janvier 1818, lorsque le 30 avril le tiseur du fond (*) descendit par le puits de la pompe à feu Lomprez pour aller recharger le foyer d'aérage situé au niveau de 177 mètres à la fosse du Retour-Lomprez.

« Ce tiseur était sur l'échelle, à 5 ou 6 mètres près du fond du beurtia allant au niveau de 177 mètres, c'est-à-dire qu'il allait arriver au foyer, lorsque le gaz inflammable qui s'échappait du lieu occupé depuis l'explosion susdite par les eaux qu'on extrayait, prend feu à la chandelle qu'il portait à sa barrette, fait explosion et le brûle sur l'échelle, qu'il eut le bonheur de ne pas lâcher, ce qui lui permit de remonter au jour ».

L'explosion détermina un incendie qu'il aurait été bien difficile d'éteindre si, par le plus grand des hasards, l'incendie n'avait fourni lui-même un moyen rapide d'extinction : le feu en consumant les bois provoqua une série de petits éboulements qui arrêtèrent les eaux, formant ainsi une sorte de bassin au moyen duquel on se rendit facilement maitre du feu.

Fosse du Retour-Lomprez, 6 *août* 1819 (Un brûlé). — Le 6 août de la même année, le grisou s'enflamma une

(*) Il n'y avait pas de chauffeur installé au fond à poste fixe pour entretenir le feu des foyers d'aérage, le tiseur descendait

fois encore sur le foyer d'aérage et brûla légèrement un homme. A cette nouvelle, le directeur se décida à supprimer toute espèce de travail à la fosse du Retour-Lomprez. Depuis plus de deux ans elle n'avait plus donné une tonne de charbon et le gaz s'y était enflammé trois fois.

La situation n'était pas moins critique à la fosse Saint-Jean. Après le coup de grisou de 1818, cette fosse avait été inondée au commencement de 1820 par les eaux de la fosse Beaujardin ; on était arrivé à grand'peine à se rendre maître des eaux quand on voulut reprendre les travaux et pour cela rallumer le foyer d'aérage.

Fosse Saint-Jean, 23 *mars* 1820. — « Les 21 et 22 mars on s'était occupé à pendre un foyer à la corde pour attirer le plus fort des puteux. Le 23, le porion et le maître mineur allumèrent le feu après être parvenus jusqu'au foyer avec la lampe Davy ; mais, s'étant aperçus qu'il s'y mélangeait du gaz à mesure qu'il prenait, ils s'enfuirent de suite. Ils n'étaient pas plutôt arrivés en haut de la première cheminée, qu'ils entendirent une détonation terrible qui se fit sentir jusqu'au jour. Le vent éteignit leur lumière, en même temps qu'il les effraya par son impétuosité.

« Depuis lors nous ignorons l'état dans lequel se trouvent les travaux, parce que nous ne voulons point que personne descende. Le danger est évidemment grand, l'épouvante est parmi les ouvriers de cette fosse. Ils ont déclaré qu'ils n'y travailleraient plus. Il est impossible de répondre des accidents qui peuvent encore survenir ou plutôt qui ne manqueront pas d'arriver ».

En présence d'une pareille situation, la conférence du 2 juillet 1820 prit la résolution d'abandonner les travaux de Saint-Jean et de prendre par la fosse Beaujardin le

---

deux ou trois fois toutes les vingt-quatre heures. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir sur ce sujet.

peu de charbon qui restait à prendre dans la veine Baleine, au niveau de 285 mètres.

Après avoir abandonné le Retour-Lomprez, on abandonnait Saint-Jean ; chaque année la situation s'aggravait; loin de vaincre le grisou, les exploitants maintenant reculaient nettement devant lui et cela, au moment où l'invention de sir Humphrey Davy avait réalisé l'un des moyens les plus efficaces de se mettre à l'abri de ses coups ; mais les mêmes difficultés s'opposaient toujours à l'entrée en France des lampes de sûreté fabriquées en Angleterre, et on s'efforçait en vain de vaincre ces difficultés quand une catastrophe bien plus grave que toutes les autres porta un coup terrible à la malheureuse population minière d'Anzin, mais amena les exploitants à surmonter les obstacles qui s'opposaient à la généralisation de l'emploi de la lampe Davy.

Fosse du Chaufour, 9 avril 1823 (Vingt-deux tués, cinq brûlés). — Le 9 avril 1823, une explosion de grisou sans exemple dans les travaux de la Compagnie depuis son origine, se produisit à la fosse du Chaufour. Vingt-deux mineurs y trouvèrent la mort et cinq autres furent brûlés grièvement.

Les pièces relatives à cet accident ne contiennent malheureusement aucun détail sur les circonstances de l'événement.

La fosse du Chaufour, située près de l'endroit où se trouve actuellement le pont Jacob, entre Anzin et Valenciennes, était une des fosses les plus grisouteuses de la compagnie; elle avait été, en 1813, le théâtre d'une explosion que nous avons racontée. Depuis lors, l'exploitation y avait été poursuivie dans les conditions dangereuses que nous avons signalées ; le courant d'air était insuffisant et mal aménagé ; presque tous les mineurs étaient éclairés par des chandelles. Inutile dès lors de

chercher bien loin la cause de l'accumulation du gaz et la cause de son inflammation.

Les conséquences de l'accident furent encore aggravées par ce fait qu'il fut impossible de descendre rapidement dans la mine, complètement infestée d'acide carbonique, et les mineurs, malgré toute leur ardeur et leur dévouement, ne purent aller au secours de leur camarades que douze heures après l'explosion. Trois cadavres seulement furent remontés le 9, treize le lendemain, deux le surlendemain ; trois ouvriers moururent chez eux ; quant au vingt-deuxième cadavre, il ne put jamais être retiré de la fosse.

Des mesures énergiques furent prises, comme le montre l'arrêté ci-dessous de M. le préfet du Nord (22 avril 1823).

Arrêté préfectoral du 22 *avril* 1823. — Nous, préfet du département du Nord, maître des requêtes au Conseil d'État :

« Vu le procès-verbal rédigé le 9 du présent mois d'avril pour constater les accidents causés dans l'une des mines de houille de la concession d'Anzin par une explosion de gaz hydrogène carboné, vulgairement appelé grisou ;

« Vu le rapport de M. l'ingénieur des mines en résidence à Valenciennes, duquel il résulte que ces accidents doivent être attribués à l'emploi des chandelles qui sont confiées aux ouvriers, que le seul moyen d'en prévenir le renouvellement est de prescrire l'usage des lampes de sûreté dont les concessionnaires n'ont encore qu'un trop petit nombre pour suffire aux besoins des mines en exploitation ;

« Considérant que la présence du gaz hydrogène carboné dans presque toutes les fosses qui composent l'exploitation d'Anzin a été reconnue par l'ingénieur des mines ; que dès lors le danger est imminent, et qu'on ne

pourrait, sans compromettre la vie des ouvriers, permettre la continuation des travaux tant que les concessionnaires n'auront pas pourvu à l'éclairage par des moyens qui préviennent l'inflammation de ce gaz et les nouveaux malheurs qui en seraient le résultat ;

« Arrêtons :

« Art. 1er. — A la réception du présent arrêté, l'exploitation des couches de houille dans toutes les fosses de la Compagnie d'Anzin où la présence du gaz hydrogène carboné s'est déjà manifestée, sera suspendue.

« Art. 2. — Les travaux ne pourront y être repris que lorsque les concessionnaires se seront pourvus de la quantité de lampes de sûreté qui leur est nécessaire.

« Art. 3. — Tout autre mode d'éclairage des travaux souterrains est expressément prohibé. Les lampes seront allumées avant d'être descendues dans les mines, ou du moins aussitôt que les ouvriers seront arrivés au bas des échelles. Elles seront fermées de manière à ce que ces ouvriers n'aient pas la faculté de les ouvrir.

« Art. 4. — Il est expressément défendu aux ouvriers :

« 1° De faire usage des chandelles ou de lampes à feu libre ;

« 2° De fumer dans les mines ;

« 3° D'y introduire des pipes, des briquets, de l'amadou et même du tabac à fumer.

« Art. 5. — Le directeur de l'établissement se concertera avec M. l'ingénieur pour prendre les mesures de police intérieure les plus propres à assurer l'exécution des dispositions qui précèdent.

« Art. 6. — Les contraventions à ces dispositions seront poursuivies et punies conformément à la loi, etc. »

L'Administration était résolue à faire observer à la lettre cet arrêté : le 7 mai suivant, le sous-préfet de Douai posait les questions suivantes au maire d'Anzin,

qui était en même temps directeur des mines d'Anzin :

« Je vous prie de vouloir bien me faire connaître le plus tôt possible combien il y avait de fosses en état d'exploitation réelle au moment où vous est arrivé l'arrêté de M. le préfet; combien il reste encore de fosses en état d'exploitation actuelle, parce qu'il n'aurait pas été nécessaire d'y appliquer ledit arrêté;

« Combien les ouvriers travaillent aujourd'hui de jours par semaine et combien ils travaillaient de jours également par semaine avant l'exécution dudit arrêté du 22 avril;

« Enfin, à quelle époque vous prévoyez que vous aurez un nombre de lampes suffisant pour que la suspension puisse être levée. »

La Compagnie avait pris les devants d'elle-même, elle avait arrêté l'exploitation des fosses grisouteuses et réparti ses ouvriers dans les fosses qui ne présentaient pas les mêmes dangers, en même temps qu'elle travaillait activement à s'approvisionner en lampes de sûreté.

Aussi le directeur répondait-il au sous-préfet :

Qu'il y avait sept fosses en état d'exploitation, les seules où il n'y avait aucun danger à craindre, lorsque l'arrêté lui était parvenu et que ce même nombre de fosses restait en état d'exploitation (*);

Que les ouvriers travaillaient trois jours par semaine

(*) Au moment de l'accident du Chaufour, la concession d'Anzin proprement dite (non compris Fresnes ni Vieux-Condé) comprenait 14 fosses :

7 restèrent en exploitation : l'Écluse, Bleuse-Borne, la Cave, le Verger, Saint-Joseph, Saint-Pierre et Saint-Charles;

7 furent momentanément abandonnées : Grosse-Fosse, Tinchon, le Moulin, Chaufour, Beaujardin, Marais et la Sentinelle qui venait d'être ouverte.

A ce dernier chiffre on pourrait ajouter le Retour-Lomprez, momentanément abandonné en 1819, et Saint-Jean, serrementé en 1822.

avant l'exécution dudit arrêté, et qu'ils travaillent encore pour le moment dans la même proportion;

Que l'on s'occupait activement de la provision à faire de lampes de sûreté et qu'elle serait complète dans deux mois.

En effet, la Compagnie avait pris la résolution de se soustraire aux tracasseries de la douane en faisant venir de Belgique un constructeur auquel elle confia le soin de fabriquer sur place et d'entretenir les lampes Davy. Dans ces conditions, l'approvisionnement marcha rapidement; l'extraction put être reprise dans les fosses abandonnées et, le 1er juin, paraissait le premier « règlement sur le service des lampes de sûreté dites à la Davy. »

Règlement sur les lampes de sûreté. — « Art. 1er. — Il y aura à la baraque de toutes les fosses de descente un cabinet particulier à cheminée, lequel sera fermé à clef.

« Art. 2. — Toutes les lampes y seront déposées et confiées aux soins du lampiste choisi parmi les hommes de confiance; il sera chargé de les nettoyer, de les garnir de mèche et d'huile.

« Art. 3. — Chaque lampe portera un numéro en fer-blanc avec les lettres initiales du nom de la fosse; il sera fixé en dessus du chapeau de la cheminée de gaze métallique; le même numéro sera gravé sur le cuivre qui recouvre la lampe.

« Art. 4. — Chaque ouvrier de la coupe aura la sienne, et son nom, porté sur un tableau avec le numéro de sa lampe, sera affiché dans le cabinet.

« Art. 5. — Les lampes seront fermées par une vis conformément au modèle venant des mines de Liège; elles seront remises à l'ouvrier dans cet état, au moment où il descendra dans les travaux.

« Art. 6. — Le porion, un maître-ouvrier spécialement chargé de la surveillance des lampes au fond, et le lampiste du jour en auront seuls la clef.

« Art. 7. — Le surveillant aux lampes descendra le premier et visitera chaque lampe à mesure que l'ouvrier arrivera au fond, afin de s'assurer si elle est encore bien fermée, ou si elle n'a pas souffert pendant le trajet.

« Art. 8. — Il est défendu, sous peine d'amende et d'être renvoyé de la coupe, d'ouvrir la lampe dans les tailles ou galeries et d'y fumer.

« Art. 9. — Il y aura un lieu de sûreté au point où l'air arrive du jour ; on y fera l'ouverture des lampes qui s'éteindraient, soit en les mouchant, soit après les avoir laissé tomber. Il y aura de l'huile en réserve pour les remplir au besoin ; et des lampes de rechange pour remplacer celles qui viendraient à être cassées pendant le travail.

« Art. 10. — Le surveillant aux lampes seul sera chargé de les rallumer et d'y mettre de l'huile.

« Art. 11. — Dans le cas où le grisou arriverait en trop grande abondance dans l'intérieur de la cheminée métallique, il est défendu de souffler le feu pour l'éteindre ; l'ouvrier l'éteindra dans son étui ou dans ses vêtements.

« Art. 13. — L'ouvrier à la veine, particulièrement celui placé en haut des tailles, suspendra sa lampe, autant que faire se pourra, dans le courant d'air.

« Art. 14. — Au moment où la coupe remontera, le surveillant se tiendra aux pieds des échelles et passera la revue des lampes.

« Art. 16. — Les cheminées en gaze métallique seront légèrement passées au feu et brossées ainsi que cela se pratique dans le pays de Liège, jusqu'à ce que l'on ait trouvé un meilleur moyen pour les nettoyer.

« Art. 18. — L'ouvrier sera puni de deux journées et éloigné des travaux pendant une quinzaine ou deux pour la première contravention au présent règlement ; en cas de récidive, il en sera chassé et dénoncé à M. le procureur du roi. »

On ne se contenta pas de généraliser l'emploi de la lampe de sûreté dans les fosses où le grisou avait signalé sa présence, on l'étendit également à toutes les fosses à charbon gras et la conférence du 6 juillet 1823 prit la décision suivante :

« Attendu qu'il y a suffisamment de lampes Davy en magasin pour en distribuer à tous les ouvriers occupés à l'extraction du charbon gras, les coupes de l'Écluse, de Saint-Joseph, Saint-Charles et Saint-Pierre (ces quatre fosses, avons-nous vu, n'avaient pas dû suspendre leur extraction) cesseront dans le courant de la semaine d'être éclairées avec la chandelle, et à l'avenir il ne sera plus employé d'autre moyen d'éclairage à toutes les fosses qui produisent du charbon gras. »

Résumé de la période 1811-1823. — L'introduction définitive de la lampe de sûreté dans les fosses grisouteuses marque la fin de la première phase de cette étude. Cette première période, caractérisée par la réunion des conditions d'exploitation les plus primitives, se signale par de fréquents accidents, parmi lesquels douze sont consignés dans ce rapport et ont fait 63 victimes dont 25 tués et 38 blessés. De ces douze accidents, huit se sont produits à la fosse du Retour-Lomprez, ont fait 22 victimes, dont 3 tués, et amené l'abandon de la fosse pendant dix ans ; deux se sont produits à la fosse Saint-Jean, ont brûlé 8 ouvriers et fait abandonner définitivement cette fosse ; deux enfin se sont produits à la fosse du Chaufour, ont fait 30 victimes, dont 22 morts, et la dernière de ces deux explosions, plus terrible que toutes les autres, a amené l'indroduction de la lampe de sûreté dans les fosses grisouteuses.

Cette période embrasse douze années, pendant lesquelles l'extraction moyenne a été de 235.000 tonnes, ce qui porte le nombre des tués à 1 par an et par 100.000 tonnes, et

le nombre des blessés à 1,5 par an et par 100.000 tonnes.

Toute explosion de grisou exige le concours de deux causes : une cause originelle qui détermine l'accumulation du gaz, une cause occasionnelle qui en détermine l'inflammation. La cause originelle de toutes ces explosions, sans être chaque fois nettement spécifiée, résidait dans la violence des dégagements de grisou que l'aérage ne parvenait pas à diluer suffisamment. La cause occasionnelle unique fut la flamme de la chandelle qui éclairait le mineur.

Faut-il en conclure que la lampe Davy va supprimer toutes les explosions? Malheureusement non. D'abord parce qu'elle n'est en réalité qu'un acheminement vers l'éclairage de sûreté sans en être la réalisation complète; ensuite parce que l'observation fidèle d'un règlement aussi nouveau que celui des lampes de sûreté ne peut pas s'obtenir du premier coup ; enfin parce que l'éclairage est loin d'être la seule difficulté des exploitations grisouteuses.

Jusqu'ici, la flamme de la chandelle était une cause permanente d'inflammation du gaz, elle mettait le feu à la moindre accumulation de grisou sans laisser à la flamme des coups de mine l'occasion de montrer ses dangereux effets, mais maintenant cette dernière cause va gagner une partie de l'importance perdue par la première.

Cette observation ne devait pas tarder à se vérifier et la joie qui avait salué l'apparition de la lampe de sûreté ne fut pas de longue durée.

§ 3. — PÉRIODE 1823-1852.

Fosse du Chaufour, 8 *avril* 1824. — Le 8 avril 1824, le grisou s'enflamme sur un coup de mine à la fosse du Chaufour dans une cheminée de la veine Maugrétout

couchant à 349 mètres. La flamme envahit toute la cheminée et les tailles avoisinantes, mais les ouvriers s'étaient retirés à une grande distance et ne furent que légèrement atteints.

Pour mettre le feu à une mine, les mineurs se servaient alors d'un fétu de paille rempli de poudre pilée (*), dont ils enflammaient l'extrémité avec de l'amadou; la combustion des grains de poudre déterminait une réaction qui, à travers un canal ménagé dans le bourrage au moyen de l'épinglette, projetait la flamme au milieu de la charge.

« Il est probable, et même certain, dit le rapport de cet événement, qu'une couche de gaz se trouvait près de cette mine et qu'au moment de l'inflammation de la paille le grisou aura pris feu. »

Ce fait attira vivement l'attention des exploitants, qui prirent immédiatement la détermination suivante, dont on ne saurait trop admirer la sagesse.

« Un nouveau point sur lequel l'expérience engage à insister, c'est d'interdire aux fosses où le grisou est violent tout ouvrage à la poudre pendant le travail de la coupe, puisqu'il paraît que la plus petite étincelle du fétu de la fusée peut communiquer son action au gaz et reproduire par là un des inconvénients de la chandelle. Les lampes de sûreté ayant fait disparaître le danger pour l'éclairage, il semblerait qu'en attendant qu'un procédé quelconque ait donné la même sécurité pour le jeu des mines (**) on ne devrait les employer que hors coupe, attendu que, si une explosion se manifestait dans cet intervalle, peu de monde y serait exposé. »

Fosse du Chaufour, 27 *juin* 1824 (Un tué). — Deux mois plus tard, un autre accident venait ébranler douloureuse-

(*) Perfectionnement importé de la Belgique, vers 1820.

(**) Ce vœu ne devait être réalisé que soixante-cinq ans plus tard avec l'invention, en 1889, des explosifs de sûreté.

ment la confiance de ceux qui avaient salué avec tant de joie l'avènement de la lampe Davy.

« Nous avons eu à regretter, dit le rapport du premier semestre 1824, la perte d'un excellent maître-mineur, dont la mort fut provoquée par l'asphyxie résultant de l'inflammation du gaz hydrogène. »

Ce maître-mineur surveillait la coupe à terres du Chaufour, il venait de s'engager seul dans la voie de fond de moyenne veine levant en droit, quand se produisit une explosion dont les circonstances sont restées inconnues. La lampe Davy trouvée près de son cadavre était en parfait état.

« Il est probable, dit le rapport, que pendant que ce malheureux était sur les fronts de l'ouvrage, la porte placée sur le châssis d'aérage à effet de détourner l'air a été laissée ouverte par un des ouvriers de la coupe à terre occupés en ce moment à la deuxième taille de moyenne veine levant. L'air, au lieu de parcourir les fronts de l'ouvrage, ayant pris au plus court, ce malheureux en est resté privé et le gaz acquit alors des proportions assez élevées pour produire une inflammation sur sa lampe; il est probable qu'il commit l'imprudence de souffler sa lampe et que la flamme sortant du tissu produisit l'inflammation (*).

« Voilà une question bien fâcheuse ! Dire que la lampe n'a pas d'efficacité, c'est détruire toute idée de la conservation dont tant de preuves ont été données ! »

Cet accident, on le voit, produisit une impression pénible sur l'esprit des mineurs, qui se croyaient complètement protégés par la lampe de sûreté. La confiance absolue inspirée par la lampe Davy avait détourné les esprits de la question si importante de la ventilation, et les travaux

(*) On préconisa, après cet accident, l'emploi d'étuis en tôle destinés à éteindre les lampes en cas d'inflammation de grisou dans l'intérieur du tissu.

du Chaufour étaient assez mal aérés. Mais on comprit vite que les théories anciennes n'avaient rien perdu de leur valeur et que, pour éviter les explosions de grisou, il fallait éviter les accumulations de gaz. Aussi, tous les efforts se portèrent-ils sur l'amélioration de l'aérage (*).

Petit à petit les questions qui intéressaient la sécurité des mineurs dans les fosses grisouteuses étaient placées sur leur véritable terrain ; chaque accident nouveau ouvrait aux exploitants de nouveaux aperçus et peu à peu les principes d'une exploitation rationnelle se dégageaient du véritable chaos où nous avons trouvé plongé l'art des mines au commencement de cette étude.

Un incendie survenu au début de l'année 1826 dans la gargouille du foyer du Chaufour, porta l'attention des exploitants sur l'alimentation des foyers d'aérage, question qui jusqu'alors n'avait jamais été soulevée.

Alimentation des foyers. — « Le service du foyer, disait le vérificateur, se fait régulièrement par le tiseur, qui descend trois fois en 24 heures pour entretenir son feu avec du gros dur. Ce service des gardes-feu a constamment fixé notre attention, et souvent l'on s'est dit qu'il conviendrait, à des fosses telles que le Chaufour, Grosse Fosse et peut-être l'Écluse, que le garde-feu fût constamment au foyer, ce qui, nécessairement, exigerait deux hommes pour un, mais cette dépense paraît devoir être amplement compensée, si elle ne présente pas des bénéfices sur l'économie du combustible, car il est certain que cette consommation des foyers est considérable, et la raison en est qu'on jette trop de charbon à la fois afin d'entretenir le feu pendant sept ou huit heures.

« Le foyer n'a d'autre but que de déplacer ou faire cir-

(*) On commença à cette époque à discuter les avantages de l'aérage ascensionnel; aucune décision ne fut d'ailleurs prise à cet égard, mais la question resta posée.

culer l'air dans tout le prolongement des siphons d'aérage depuis la fosse qui pousse jusqu'à la fosse qui tire. Or, un feu constamment clair obtient ce résultat parfaitement, par conséquent la quantité de combustible jetée dans le foyer pourrait être plutôt nuisible qu'avantageuse. »

Projet pour combattre le grisou. — Vers la même époque, l'agent général recevait d'un marchand de vinaigre des environs de Saint-Amand le plan détaillé d'un projet qui devait combattre infailliblement le grisou.

« Le moyen que j'ai conçu, disait l'auteur de ce projet bizarre, pour expulser le feu grisou des mines au charbon, me persuade absolument de son infaillibilité. Je n'entends pas établir ce plan si salutaire aux ouvriers de vos mines à celles qui sont sur leur fin, mais au contraire à celles que l'on commence. Il n'en coûterait qu'une pompe adaptée à la machine à vapeur et un tuyau principal descendant jusqu'au fond de la fosse ; on adapterait au tuyau principal des tuyaux plus petits pour aller dans les veines, au fur et à mesure que les ouvriers avanceraient.

« Le procédé qu'on emploie maintenant d'affaiblir le danger en le prolongeant avec des lampes, ne sert qu'à le faire éclater avec plus de violence quand il viendra à s'enflammer.

« J'espère que vous voudrez bien avoir égard au moyen que je vous propose après tant de victimes. »

Ce projet, d'injection d'eau dans les tailles, n'était pas nouveau d'ailleurs. M. Léonard Richer nous l'avait cité dans sa belle élucubration de 1810 quand il disait que « l'eau fraîche fortement injectée à l'aide d'une pompette entraînerait avec elle les particules carboniques qui chargent l'air. »

L'agent général offrit à l'original inventeur de le faire conduire dans une fosse pour lui permettre de connaitre

l'aménagement des travaux, lui promettant que la régie accepterait son projet avec empressement s'il était d'une exécution praticable. Inutile de dire qu'on n'en entendit plus parler.

Fosse Desmézières, 1826 (Trois tués). — Pendant que se succédaient ces propositions diverses, l'exploitation se poursuivait dans les fosses grisouteuses dans des conditions heureuses. Depuis 1823, un seul accident mortel était survenu en juin 1824; sur ces entrefaites, un accident grave se produisit à la fosse Desmézières (*), mais rien ne put établir d'une manière positive que le grisou en fût la véritable cause; au début de l'année 1826, 3 ouvriers d'about furent tués pendant qu'ils réparaient le cuvelage de la fosse Desmézières; la cause de cet événement n'a jamais été parfaitement connue, il est probable que le plancher sur lequel ils travaillaient n'était pas à claire-voie et que le grisou a pu s'accumuler en dessous et faire ensuite explosion sur une lampe à feu nu quand les ouvriers ont voulu démonter les planches.

Si l'on fait abstraction de cet accident douteux, il est permis de constater que cette époque constitue une période d'accalmie; et pourtant le grisou signale partout sa présence avec une violence inusitée, il ne se passe pas de semaines où il ne se produise des inflammations; mais les accidents de personnes deviennent très rares, et nous n'avons pas à signaler de mort d'homme avant

(*) Cette fosse avait été ouverte par M. Desmézières, en 1764, en même temps que la Compagnie d'Anzin attaquait la fosse Dutemple. Comme celle-ci, elle rencontra le torrent; après avoir lutté longtemps sans le moindre succès, M. Desmézières abandonna ce puits et vendit tout son matériel à la Compagnie d'Anzin. Les travaux de fonçage furent abandonnés et repris seulement en 1820; la fosse entra en exploitation en 1825, l'extraction fut abandonnée en 1847 et le puits serrementé en 1857.

l'année 1832, ce qui constitue, si nous ne tenons pas compte de l'événement de Desmézières, une période de huit années sans accident grave. Cependant la vie du mineur est plus que jamais une lutte journalière contre le grisou, mais une lutte déjà plus savante : il semble qu'il se sente plus fort contre l'ennemi qu'il commence à mieux connaître, il sait le maîtriser, ou se retirer quand il est trop faible pour échapper à ses coups.

Il serait aussi inutile que fastidieux d'entrer dans le détail des nombreuses inflammations de grisou enregistrées dans les rapports hebdomadaires de cette époque ; nous allons cependant signaler quelques points intéressants.

Visites des tailles au lendemain des chômages. — C'est en octobre 1828 que fut prise cette mesure.

« Tous les lundis ou autres jours, quand il y aura eu repos la veille, les tailles où il sera reconnu que les ouvriers à la veine peuvent courir quelque danger à cause d'un dégagement considérable de gaz hydrogène carboné seront époussetées, avant que ces ouvriers ne descendent, par les lampistes du fond ou par des raccommodeurs désignés à cet effet. En outre, la défense est réitérée aux ouvriers de laisser, sous peine d'amende, des planchers dans leurs tailles après avoir fini leur journée, ce qui peut intercepter la circulation de l'air ou le rendre trop faible pour qu'il puisse neutraliser le gaz pernicieux qui ne cesse de se dégager. »

Lampes à double tissu. — C'est aussi vers cette époque qu'on fit usage des lampes à double tissu.

Le tissu de la lampe Davy pouvant être traversé dans certaines conditions par la flamme, on proposa d'employer des tissus doubles. Cette proposition fut écoutée et l'emploi des lampes à double tissu adopté ; les ouvriers

les accueillirent avec plaisir, mais leur reprochèrent de présenter l'inconvénient de donner moins de lumière et de ne pouvoir allumer l'amadou. Ces lampes furent d'ailleurs abandonnées quelque temps après.

Essais du chlorure de chaux. — C'est encore à cette époque (1830) que l'on fit des essais pour se rendre compte de la valeur du chlorure de chaux, alors mis en avant comme un moyen infaillible de se débarrasser du grisou.

« Attendu qu'on n'est pas encore assez fixé sur les effets du chlorure de chaux employé dans les travaux comme moyen d'assainissement et qu'on rencontrera rarement, pour essayer ce chlorure, des localités aussi convenables que la bowette du midi de Réussite, où le grisou se dégage avec une intensité dont on a eu peu d'exemple jusqu'ici, l'agent général décide qu'un nouvel essai de cette substance aura lieu dans le plus bref délai, à la bowette précitée. » (*Extrait du rapport de la Conférence du* 28 *janvier* 1830.)

Malheureusement le rapport de la conférence suivante ajoutait que le nouvel essai que l'on venait de faire du chlorure de chaux à la Réussite n'avait eu d'autre résultat que de gêner la respiration de l'ouvrier et que cette substance ne serait plus employée dans les travaux lorsqu'il s'agirait de neutraliser le grisou.

Nous trouvons, en 1831, un rapport intéressant sur la situation des travaux à la fosse du Retour-Lomprez.

« On y constate que la chaleur de la journée influe sur le dégagement du gaz et que les ouvriers sont souvent forcés de battre en retraite vers les onze heures du matin ; pour éviter tout retard, on leur donne l'ordre de venir travailler à huit heures du soir.

« Le grisou donne la chasse aux mineurs, le maître

mineur les tente autant que possible au travail, quand cela arrive, en leur faisant changer les lampes de place, et il n'y a que lorsqu'il ne peut plus trouver de place convenable pour les lampes qu'il donne le signal de la retraite. »

On constate que le grisou est surtout abondant quand le foyer est sur son déclin; d'autre part, le maître-mineur s'aperçoit que, lorsque la pelure d'une rallonge placée dans la taille cesse de vaciller, le grisou se montre comme l'éclair; aussi se sert-il de cet indicateur ingénieux, véritable précurseur de nos anémomètres actuels, et il court au foyer remonter le feu dès que son indicateur reste en repos.

Dans toutes les fosses de la Compagnie l'exploitation se poursuivait sans incidents notables, au milieu de dégagements de gaz considérables déterminant des inflammations fréquentes, mais non meurtrières, quand une explosion d'une gravité exceptionnelle vint prouver aux malheureux mineurs d'Anzin qu'ils étaient loin d'avoir dompté l'ennemi qui leur avait porté des coups si rudes et qu'ils croyaient peut-être avoir maîtrisé pour toujours.

Fosse Saint-Joseph, 2 *août* 1832 (Dix tués, cinq blessés). — Ce fut à la fosse Saint-Joseph (*) que survint cet accident. C'était une des fosses qui avaient été maintenues en exploitation lors de l'arrêté rendu en 1823 à la suite de l'explosion du Chaufour; par mesure de précaution, elle avait été à cette époque munie de lampes de sûreté comme toutes les fosses à charbons gras de la compagnie, mais la présence du grisou ne s'était pas encore signalée par le moindre accident, et les rapports hebdomadaires

(*) Saint-Joseph comprenait deux puits ouverts, en 1803, au nord de la citadelle de Valenciennes; ces puits furent exploités jusqu'en 1840, époque à laquelle ils furent tous deux serrementés.

n'avaient mentionné à son actif aucune inflammation de gaz.

Le 2 août 1832, dix mineurs y trouvèrent la mort dans un coup de grisou dont les circonstances ont été ainsi relatées à l'ingénieur des mines par le directeur des travaux :

« J'ai l'honneur de vous informer que le gaz hydrogène s'est enflammé dans les exploitations de la petite veine du midi en plat au niveau de 385 mètres à la fosse Saint-Joseph, au moment où une mine préparée par un coupeur de mur faisait explosion.

« Cet accident a été suivi d'une forte détonation qui a renversé tous les châssis d'aérage existant sur ce point ; *il ne peut être attribué qu'à l'état de l'atmosphère qui subissait alors une perturbation d'autant plus violente qu'un orage qui s'annonçait depuis quelques heures éclatait pour ainsi dire en même temps.*

« La conduite de l'air dans les exploitations précitées ne laissait rien à désirer ; toutes les précautions en usage dans les travaux qui renferment du grisou ont été prises, toutes les lampes à la Davy étaient fermées ; en un mot, il n'y a eu aucune négligence de la part d'aucun chef, ni aucune imprudence de la part d'aucun ouvrier.

« Malgré l'empressement avec lequel les employés supérieurs de l'administration se sont rendus sur les lieux, nous avons à déplorer la perte de dix ouvriers, dont huit morts dans les travaux et deux quelques heures après en avoir été retirés. Deux individus grièvement brûlés par le gaz sont hors de danger ; trois autres ouvriers, qui n'ont été qu'asphyxiés, sont totalement guéris.

« Tous les soins et secours que réclamaient ces malheureux leur ont été prodigués, ainsi qu'aux parents des victimes de ce triste événement.

« Je n'ai pas besoin sans doute de vous dire que

nous nous tenons plus que jamais en garde contre les accidents de ce genre et que rien ne sera négligé pour en prévenir le retour. »

C'est la première fois que nous voyons un procès-verbal d'explosion mentionner l'influence des perturbations atmosphériques. Cette influence, qu'on est à peu près d'accord aujourd'hui pour considérer comme peu importante, au moins dans nos couches minces bien aérées, devait à cette époque jouer un rôle sérieux. On comprend en effet que la dépression barométrique pouvait rendre dangereuse une atmosphère qui était toujours dans des conditions inquiétantes, à cause de l'abondance du grisou et du peu d'énergie de la ventilation.

La fosse Saint-Joseph était pourvue de deux puits d'extraction, dont l'un servait d'entrée d'air et l'autre de retour d'air par l'intermédiaire d'un petit foyer établi au niveau de 200.

Ces dispositions constituaient sans doute des conditions d'aérage passables, mais la quantité d'air qui allait aux fronts de taille était très faible à cause du peu d'étanchéité *des parois des galeries*, et l'orifice du puits de retour d'air était aménagé de telle sorte que les manœuvres de clichage contrariaient le courant d'air.

Aussi l'administration prit-elle à ce sujet l'arrêté suivant :

Arrêté préfectoral du 22 *décembre* 1832 :

Nous, préfet du Nord,

Vu le rapport de l'ingénieur en chef des mines proposant l'adoption des dispositions convenables pour prévenir le retour de l'accident survenu le 2 août 1832, dans la fosse à charbon dite *Saint-Joseph*, dépendant de la concession d'Anzin, où dix ouvriers ont perdu le vie par suite de l'inflammation du gaz hydrogène ;

Vu les observations de l'agent général de la Compagnie propriétaire des mines d'Anzin;

Vu les articles 47, 48 et 50 de la loi du 21 avril 1810 et l'article 4 du décret du 3 janvier 1813,

Arrêtons :

1° La Compagnie d'Anzin fera suspendre en temps d'orage le tirage des mines dans les fosses qui sont sujettes au feu grisou, elle fera même alors remonter les coupes;

2° Elle fera crépir à l'argile les parois des galeries qui sont formées en remblais;

3° Elle fera boucher sur son cadre le puits aspirateur; elle fera pratiquer ensuite, au-dessous du bouchon qui sera posé, une petite galerie qui sera inclinée de 45 degrés et elle élèvera au-dessus de l'orifice supérieur de cette galerie une cheminée en planches.

Infractions au règlement sur les lampes de sûreté. — Au début de l'année 1833, on commence à signaler des actes nombreux d'imprudence de la part des mineurs qui, dans les travaux les plus dangereux de Réussite, ne craignent pas d'imaginer toutes sortes d'artifices pour ouvrir leurs lampes.

Les lampes, à cette époque, étaient pourvues de la fermeture à vis que nous verrons d'ailleurs subsister très longtemps dans les travaux de la Compagnie; elles étaient fermées par le lampiste du jour avant la descente au moyen de clefs; seuls les porions et les lampistes du fond étaient porteurs de clefs semblables, à l'aide desquelles ils ouvraient les lampes éteintes aux postes de rallumage. Mais les mineurs étaient parvenus à se confectionner de fausses clefs en bois, ou bien ils usaient contre un caillou le pas de la vis de fermeture de manière à la faire jouer librement dans son logement et à pouvoir l'enlever à la main.

« A Réussite, dit un rapport hebdomadaire, le porion ayant trouvé plusieurs clefs en bois dont les ouvriers se servaient pour ouvrir leurs lampes, on ordonna une

visite qui eut pour résultat de trouver dix-sept lampes ouvertes. Cette visite eut lieu à l'arrivée au travail des ouvriers à la veine; ils savaient qu'à cette heure il n'y avait pas ordinairement de chefs au fond et, s'ils avaient l'habitude d'ouvrir leur lampe, ils l'ouvraient plus tôt parce qu'ils n'avaient pas tant à craindre d'être surpris. »

A Bleuse-Borne, un ouvrier avait ouvert sa lampe et l'avait débarrassée de son tissu pour travailler à feu libre, le grisou s'enflamma et le brûla grièvement; le malheureux eut assez d'énergie pour aller rechercher sa lampe et la fermer afin d'éviter les rigueurs du règlement.

Vérifications trimestrielles de l'aérage. — Le comité d'exploitation, dans la conférence du 23 octobre 1833, prit au sujet de l'aérage des dispositions excellentes :

« Vu l'extrême convenance de faire constater d'une manière régulière, à des époques fixes, l'état des foyers et communications d'aérage, et afin qu'il reste dans les archives de la Compagnie des traces de ces sortes de vérifications, le comité entendu, l'agent général décide que :

« 1° Il sera fait tous les trois mois une vérification générale des foyers et communications d'aérage ainsi que des galeries d'écoulement;

« 2° Les vérifications seront faites par les employés qui seront désignés par l'agent général, et ils lui en adresseront un rapport spécial. »

Excellente mesure qui devait être complétée plus tard par les jaugeages d'air, et qui eut pour résultat immédiat d'établir un contrôle régulier sur l'aérage et de diriger les efforts de chaque conducteur de travaux vers les questions si importantes de la ventilation.

Mais, de toutes les causes d'inflammation, la plus fré-

quente était le tirage des mines ; le comité d'exploitation s'en préoccupait depuis quelques années, et il avait mis cette question à l'étude dans sa conférence du 17 juillet 1828.

L'attention du comité s'était portée spécialement sur l'allumage des mines, qui lui paraissait particulièrement dangereux; déjà, en 1824, il avait été proposé de ne tirer les mines que hors coupe dans les fosses grisouteuses. Cette proposition, vivement approuvée, avait été oubliée depuis. En 1828, le comité revint sur cette question.

« L'action de la poudre pilée, dit le rapport de la conférence, dont on fait usage pour amorcer les mines, paraissant trop lente et étant cause que les fétus en paille dont se servent les mineurs jettent souvent de la flamme et occasionnent ainsi des explosions de grisou, l'agent général, voulant parer à cet inconvénient grave, décide qu'on examinera le moyen qu'il convient d'adopter pour porter remède à cet état de choses (*). »

Fusée anglaise. — La question resta à l'étude jusqu'en 1844 sans avancer d'un pas pendant que les inflammations sur coups de mine se succédaient sans interruption. En 1844, on fit de nombreux essais sur des fusées et amorces de sûreté anglaises ; les rapports des directeurs du fond déclarèrent les résultats des expériences très satisfaisantes, et la fusée anglaise fut adoptée par la conférence du 25 mai.

Malheureusement cet engouement dura peu, si nous en jugeons par ce rapport du mois d'octobre 1845 :

« Le gaz s'est enflammé sur l'explosion d'une mine à Lompré; ici, comme partout ailleurs, on fait usage de la fusée de sûreté; mais, au dire de l'ouvrier, il paraît

(*) Il semble qu'à cette époque, on accusait plutôt la fusée que la poudre de causer les inflammations de grisou.

que c'est sur la fusée et avant même l'explosion que le coup s'est fait sentir; s'il en était ainsi, les fusées n'auraient-elles pas aussi leurs inconvénients ? »

L'année suivante, la désillusion était complète.

« Le gaz est resté en feu sur l'explosion d'une mine à la fosse de la Régie, dit un rapport du mois de mars 1846, il est à observer que l'on fait dans ce travail usage de fusées et que c'est à celles-ci que le gaz s'est enflammé. »

Sans doute la mèche de sûreté anglaise constituait un réel progrès sur le fétu belge : avec une mèche bien fabriquée, n'ayant pas de crachements latéraux, le danger dû à la fusée n'existe que pendant la combustion des premiers centimètres, la flamme s'éteignant ensuite par suite de son passage dans un tube étroit. Mais il n'en reste pas moins établi que les étincelles, lancées par l'extrémité de la fusée au moment de sa mise en feu, suffisent très bien à enflammer une atmosphère grisouteuse. Et le meilleur moyen de ne pas avoir d'explosion de grisou est *toujours* de ne pas avoir de grisou, c'est-à-dire de disposer d'un aérage suffisant pour rendre toute accumulation de gaz impossible.

Bien que nous n'ayons à signaler aucune explosion particulièrement grave durant la période que nous étudions en ce moment, il se produisit pourtant alors quelques accidents dont le récit ne manque pas d'intérêt et qui sont toujours causés soit par des coups de mine, soit par des infractions au règlement sur les lampes de sûreté.

Fosse Ernest, 23 *juin* 1842 (Deux blessés). — Le 23 juin 1842, une explosion de grisou éclata sur un coup de mine à la fosse Ernest (*).

« Deux ouvriers mineurs étaient occupés à la taille de

(*) La fosse Ernest se trouvait à Saint-Vaast, à 400 mètres de Réussite; elle était en exploitation depuis 1826.

Grande veine qui marche en reconnaissance au couchant, niveau de 285 mètres; ils étaient chargés de percer le maillage et d'employer la poudre; mais il leur était interdit de faire jouer des mines pendant le travail de la coupe; aussi étaient-ils descendus la nuit.

« D'après la déclaration du plus âgé d'entre eux, avant de faire jouer sa mine, il s'assura si le gaz ne s'était pas accumulé dans le voisinage et si le courant d'air était toujours le même, mais comme il ne fit aucune remarque qui pouvait nuire, il mit le feu à sa mine et se retira avec son camarade. C'est alors que le fétu en brûlant *attira le gaz* et donna suite à une détonation tellement forte qu'elle se fit sentir tout le long de la chasse (sa longueur était de 550 mètres) et même jusqu'au jour où les machineurs et autres ouvriers jugèrent qu'un événement était arrivé au fond.

« Le lampiste du fond qui était dans la chasse, sentant les effets de cette détonation, marcha à grands pas vers le lieu du sinistre; mais quelle ne fut pas sa surprise lorsqu'il trouva la voie complètement obstruée par un éboulement causé par l'explosion! Il n'y avait qu'un parti à prendre, c'était de remonter au niveau de 262 mètres et de gagner le maillage de cette exploitation. Ce trajet fut fait en peu de temps; arrivé au niveau supérieur, le lampiste rencontra un jeune ouvrier qui se rendait au travail et qui l'accompagna jusqu'à la cheminée d'air entre les deux niveaux, mais là, le lampiste, ayant vu le gaz paraître dans sa lampe, se retira un instant. C'est alors que le jeune ouvrier prêta l'oreille et entendit les plaintes de ses camarades qui étaient au fond de la cheminée. Il s'élança aussitôt sans lumière au fond de cette cheminée, parvint au premier camarade qu'il enleva et apporta en lieu sûr; il retourna ensuite chercher l'autre, qu'il déposa au même endroit. Il les avait arrachés tous deux à une mort certaine. »

Ce bel acte de dévouement produisit une profonde impression sur les mineurs de Saint-Vaast, qui en ont encore le souvenir présent à la mémoire.

Fosse Tinchon, 27 *mars* 1847 (Quatre blessés). — Le 27 mars 1847, une explosion plus grave se produisit à Tinchon dans la Grande veine. Trois ouvriers de la coupe à terres étaient occupés au creusement d'une voie montante destinée à amener dans la voie de fond les charbons de la seconde des trois tailles qui existaient à l'est du puits au niveau de 498 mètres. Ils faisaient sauter à la poudre le mur de la couche, et les déblais étaient placés dans la deuxième taille par deux autres ouvriers. Le feu venait d'être mis à la fusée d'une mine, et les trois ouvriers de la montée s'étaient retirés à 10 mètres en arrière quand une explosion de grisou éclata sur le coup de mine et brûla assez grièvement deux d'entre eux. Le troisième, qui s'était couché à plat ventre sur le sol de la montée, ne fut pas atteint. L'inflammation se propagea dans la deuxième taille, où les deux ouvriers qui plaçaient les terres furent atteints assez sérieusement, mais elle n'alla pas jusqu'à la première taille, où se trouvait également un mineur.

C'était un accident difficile à éviter avec le tirage à la poudre, et dont nous verrons encore beaucoup de tristes exemples.

Fosse Mathilde, 17 *février* 1849 (Trois blessés). — L'imprudence de certains ouvriers qui persistaient à enfreindre les prescriptions du règlement sur les lampes de sûreté, amena un nouvel accident à la fosse Mathilde. Cette fosse appartenait à la division de Denain, que nous voyons pour la première fois figurer dans cette étude ; elle se trouvait située entre les fosses Bayard et Turenne.

On venait d'attaquer l'exploitation de la veine Petite-

Zoé, à 303 mètres. Les travaux consistaient au couchant en une taille de fond et une deuxième taille reliées par une montée destinée au passage des charbons de la deuxième taille; le levant présentait une disposition analogue.

L'air entrait par le compartiment réservé à l'extraction dans le puits unique, prenait la voie de fond du couchant, traversait les deux tailles qui se trouvaient de ce côté, se dirigeait ensuite par un canard métallique vers les travaux du levant, d'où il gagnait finalement le goyot de retour d'air.

Le 17 février 1849, deux ouvriers de la coupe à terre, occupés au coupement de la voie de fond du couchant, venaient de prendre leur repas à l'accrochage, où ils avaient la faculté de se servir de lampes à feu nu; l'un d'eux, malgré les observations de son camarade, pénétra avec une lampe à feu nu dans le montage et détermina une explosion qui le brûla grièvement ainsi que deux ouvriers qui se trouvaient dans la deuxième taille. Son camarade, qui était resté dans la voie de fond, ne fut pas atteint.

Le récit des divers événements que nous venons d'exposer suffit à donner une idée exacte de la nature des accidents fréquents, sinon meurtriers, qui se produisaient à cette époque dans les exploitations grisouteuses de la Compagnie.

Le nombre des inflammations et explosions signalées par les rapports hebdomadaires depuis la catastrophe de Saint-Joseph, s'élève à 53 (*). Sur ce nombre :

(*) Dans ce chiffre, les fosses Tinchon, Bleuse-Borne et Grosse-fosse entrent chacune pour 7 inflammations, le Moulin pour 5; les fosses Saint-Joseph et Retour-Lomprez en ont donné chacune 4; les fosses du Chaufour, Réussite et Ernest, chacune 3, etc.; il est permis de supposer que les inflammations un peu importantes étaient seules signalées et qu'on ne parlait pas des simples flambées de grisou.

33 avaient été causées par des coups de mine (flamme de la fusée ou de la poudre;
13 par des infractions au règlement sur les lampes de sûreté, ouverture de lampes ou emploi intempestif de lampes à feu nu;
1 par accident à une lampe (un coup de pic avait percé le tamis);
1 s'était produit sur une lampe en bon état (vitesse trop grande du courant d'air);
5 avaient eu des causes inconnues.

L'imprudence des ouvriers et l'imperfection du tirage des mines étaient les causes occasionnelles de l'immense majorité des explosions de grisou à cette époque. La cause originelle était toujours la même : la violence des dégagements de grisou que l'aérage, établi au moyen des petits foyers de l'époque, ne parvenait pas à diluer suffisamment. Mais le moment était proche où l'art des mines allait être doté d'une des inventions les plus efficaces de ce siècle et qui devait faire autant que la lampe Davy pour la sécurité des mineurs.

Conférence du 7 mars 1851. — Dans la conférence du 7 mars 1851, M. l'associé régisseur-gérant entretint le Comité des moyens mécaniques employés en Belgique pour la ventilation des fosses et de l'avantage qu'il y aurait à substituer ces moyens aux foyers d'aérage alors en usage dans les exploitations d'Anzin; ce fut spécialement sur le ventilateur Fabry, dont l'usage se propageait, que se porta l'attention. Il fut décidé que l'on étudierait immédiatement l'installation de ce ventilateur à la fosse Pauline.

Premier Ventilateur Fabry, à Bayard (1852). — Pour une raison quelconque, ce projet fut abandonné à la fosse Pauline et ce fut la fosse Bayard, de la division de Denain, qui fut la première pourvue d'un ventilateur Fabry dans le courant de l'année 1852.

Le premier pas était fait dans la voie de la ventilation mécanique, qui seule pouvait maîtriser les dégagements grisouteux que le développement de l'exploitation accroissait chaque jour ; nous allons voir le ventilateur se substituer au foyer, malheureusement avec une lenteur qui ne s'explique guère que par l'imperfection et les ruptures fréquentes des machines de l'époque.

Résumé de la période 1823-1852. — Au début de la période que nous venons d'étudier (1823), au lendemain de l'explosion du Chaufour, le mineur venait de prendre possession de la lampe de sûreté et il rentrait plein de confiance dans les fosses qu'il avait dû abandonner à la suite de l'arrêté du 22 avril 1823. Il y retrouvait le grisou plus fort que jamais ; la lampe avec laquelle il se croyait invulnérable déterminait presque aussitôt une explosion qui tuait un maître-mineur expérimenté ; en même temps le tirage des mines, dont les dangers avaient été masqués jusqu'alors par les dangers incessants de l'éclairage à la chandelle, se signalait par des inflammations nombreuses sur les étincelles du fétu ou sur la flamme des coups de mine. Vivement préoccupés par cette situation périlleuse, les exploitants prenaient une série de dispositions propres à conjurer le danger : le tirage des mines était interdit pendant la coupe dans les fosses très grisouteuses ; les tailles étaient visitées avant la descente des ouvriers le lendemain des jours de chômage en même temps qu'on proposait une surveillance constante des foyers d'aérage et qu'on essayait d'absorber le grisou par le chlorure de chaux. Une surveillance étroite et le souvenir récent de la catastrophe du Chaufour mettaient l'ouvrier en garde contre sa propre imprudence.

Mais bientôt la confiance semble trop grande ; on oublie parfois qu'il serait prudent de tirer les mines hors

coupe, on signale de nombreuses infractions au règlement sur les lampes de sûreté. Sur ces entrefaites, éclate le coup de grisou de Saint-Joseph ; l'attention de l'Administration se porte sur l'influence des perturbations atmosphériques sur les dégagements de gaz. Des explosions, heureusement sans véritable gravité, éclatent de toute part, on décide que des vérifications d'aérage seront faites tous les trois mois et que l'allumage des mines se fera désormais au moyen de la mèche de sûreté, sur laquelle on compte beaucoup pour éviter les inflammations sur coups de mine.

La fusée anglaise ne répond pas aux espérances qu'elle avait fait concevoir ; et d'ailleurs quand la fusée ne met pas le feu au grisou, c'est la poudre noire qui remplit cet office. Les imprudences des ouvriers qui ouvrent leurs lampes ou pénètrent à feu libre dans les quartiers grisouteux se reproduisent fréquemment.

Nous devons faire remarquer aussi que des progrès considérables ont été réalisés dans le roulage souterrain (*), dans les systèmes d'extraction : la production par siège a augmenté d'une façon importante et les travaux s'étendent beaucoup plus loin des puits. Les foyers n'ont pas été améliorés, la dépression n'est pas suffisante pour compenser le développement donné aux galeries et la présence du grisou, de l'éternel ennemi du mineur, est constamment signalée. Si les accidents ne sont pas plus fréquents, plus meurtriers, le mérite doit en être attribué à l'habileté déployée par le mineur de l'époque, qui utilise le mieux possible les moyens que l'expérience et la science mettent à sa disposition.

(*) L'introduction dans la mine des chevaux pour le roulage souterrain date de 1847. Il y eut même, à cette occasion, à la fosse Pauline une grève de herscheurs, et l'on fut obligé de faire remonter les chevaux.

En 1810, nous avions trouvé l'art des mines dans son enfance, privé de tout ce qui pouvait assurer la sécurité de l'ouvrier comme de tout ce qui pouvait lui faciliter sa pénible tâche. En 1823, nous l'avons vu faire un grand pas dans la voie du progrès en adoptant l'éclairage de sûreté. Restaient à réaliser deux grands perfectionnements : la ventilation mécanique et la substitution à la poudre noire des explosifs de sûreté. Le dernier ne devait pas être réalisé avant de nombreuses années, mais voici que le premier ventilateur apparait à la fosse Bayard. Malheureusement, cette innovation ne va pas donner de résultats immédiats ; le passage de la ventilation par foyers à la ventilation mécanique ne se fera que graduellement ; l'aménagement du courant d'air annulera parfois l'action du ventilateur ; de nombreuses accumulations de gaz se produiront encore et alors l'imprudence d'un ouvrier ouvrant sa lampe, la flamme d'un coup de mine, l'imperfection des lampes Davy que nous aurons souvent à signaler, détermineront de nouvelles catastrophes, dont quelques-unes présentent une gravité terrible. Plus tard, quand les principes d'un aérage rationnel seront rigoureusement observés, quand des lampes plus sûres se seront substituées à la lampe Davy (*), quand les explosifs de sûreté auront remplacé la poudre noire, alors seulement on obtiendra une sécurité relative plus grande, et l'on recueillera tous les bienfaits de la ventilation mécanique, qui n'en constitue pas moins dès maintenant une des inventions les plus salutaires dont ait été doté l'art des mines pendant ce siècle.

(*La suite à une prochaine livraison.*)

(*) L'invention de la lampe Mueseler date de 1841 ; nous aurons l'occasion de revenir plus loin sur les essais de cette lampe dans les travaux de la Compagnie.

NOTES

SUR LA

MÉTALLURGIE DU CUIVRE EN RUSSIE

Par M. WEISS, Ingénieur des mines.

La dernière statistique officielle publiée en 1891 par la direction des mines de Saint-Pétersbourg donne le résultat de l'exploitation des mines et usines de l'Empire russe pour l'année 1889 et les années précédentes. Elle montre l'extension considérable qu'ont prise dans ces dix dernières années les deux grandes usines de Bogoslowsk dans l'Oural et de Kedabek dans le Caucase.

Les petits producteurs, au contraire, tendent à disparaître : à cause du développement incessant des voies de communication, de l'augmentation du prix des combustibles et de la main-d'œuvre, à cause de l'imperfection de leur outillage qui date souvent d'un siècle, ils ne peuvent lutter, même pour la consommation locale, avec les usines plus récentes qui, en possession de très gros capitaux, suivent les progrès de l'industrie.

En 1888, on comptait en Russie vingt-et-une usines à cuivre : huit dans l'Oural; dix dans le Caucase; une dans les steppes des Kirghises; une dans l'Altaï et une en Finlande.

Voici la production de ces mines :

Production du cuivre en lingots (tonnes).

ANNÉES	OURAL	CAUCASE	KIRGHISE	ALTAÏ	FINLANDE	TOTAUX
1879	1 308	820	509	478	38	3.153
1880	1.693	596	470	477	19	3.255
1881	2.101	626	309	358	121	3.515
1882	2.147	809	315	260	95	3.626
1883	2.762	909	370	235	156	4.432
1884	3.199	1.459	575	400	194	5.827
1885	2.445	1.360	399	410	190	4.804
1886	2.495	1.572	67	296	235	5.265
1887	2.717	1.880	4	270	203	5.074
1888	2.613	1.556	5	303	205	4.682
1889	2.632	1.509	5	351	384	4.881
1890	2.888	2.322	»	322	292	5.824

Je me propose, dans le courant de ce travail, d'étudier la situation actuelle de la métallurgie du cuivre en Russie, en indiquant pour chaque usine les principaux perfectionnements introduits dans ces dernières années (*).

MINES ET USINES DE L'ALTAÏ, DES KIRGHISES ET DE LA FINLANDE.

Les monts Altaï, situés au sud de la Sibérie, sont très riches en mines de toute nature : or, argent, cuivre, plomb et houille. Sa Majesté l'Empereur de Russie y possède, dans le gouvernement de Tomsk, une usine à cuivre, dirigée par des ingénieurs des mines de l'État. D'après les renseignements que m'ont donnés plusieurs ingénieurs russes, ces mines et usines sont très mal exploitées et l'Empereur est obligé de verser tous les

(*) Mon voyage en Russie a été beaucoup facilité par l'excellent accueil de M. Auerbach, directeur des mines de Bogoslowsk, qui m'a donné une quantité de renseignement précieux et des recommandations pour les amis qu'il a dans toutes les parties de l'empire russe.

Je tiens à l'en remercier ici et à lui témoigner ma reconnaissance pour sa bonne hospitalité dans les pays perdus de l'Oural.

ans 200.000 roubles pour couvrir les frais de l'exploitation et ne pas enlever son gagne-pain à la population des environs de Barnaoul.

Maintenant que la construction du chemin de fer transsibérien est décidée, les mines de l'Altaï paraissent avoir un très grand avenir. Un embranchement de voie ferrée reliera à la grande ligne transsibérienne la ville minière de Barnaoul, centre du district de l'Altaï, et permettra de donner un développement nouveau à la région minière. La mine de Tchoudak fournit annuellement 3.165 tonnes de minerai. Celle de Sougatof fournit 1.611 tonnes. Quelques mines du gouvernement de Semipalatinsk fournissent également une centaine de tonnes de minerai qui est fondu sur place par les indigènes. La teneur va jusqu'à 20 p. 100.

Les mines des steppes des Kirghises sont actuellement presque abandonnées. Les transports qui s'effectuent à dos de chameaux à travers des déserts rendent l'exploitation impossible.

Les mines de Finlande à MM. Meyer et Cie sont situées à Pitkarant, dans le gouvernement de Viborg. Ces mines ont peu d'importance ou plutôt ne produisent actuellement que très peu de cuivre.

MINES ET USINES DE L'OURAL.

La Couronne possède, dans l'Oural, à Tougof, une petite usine qui, en 1888, a traité 2.989 tonnes de minerai d'une teneur de 2,88 p. 100 en cuivre. Cette faible teneur en cuivre ne promet pas à cette mine un long avenir, le prix du combustible augmentant constamment.

Les usines des particuliers, au contraire, sont dans des conditions plus favorables. En 1888, les usines suivantes étaient en activité :

	USINES	PROPRIÉTAIRES	PRODUCTION de cuivre (en tonnes)	TENEUR en cuivre du minerai pour 100
Gouvernement de Perm. . .	Bogoslowsk. . .	H. M. Polovtzof	1.260	4,49
	Taguil	Prince Demidof	752	2,42
	Polef.	Id.	58	»
	Kokchan.	Ouchkof.	99	»
Gouvernement d'Oufa. . . .	Arkhangel. . . .	Comte Kossakof.	23	4,27
	Blagoviechen. .	Dachkof.	41	2,50
	Verkhotor. . . .	Pachkof.	233	4,23
	Voskrecen. . . .	Compagnie anglo-russe.	56	3-3,65

Parmi toutes ces usines, les seules importantes sont celles de Bogoslowsk et de Taguil. Celles du gouvernement d'Oufa pourront peut-être se développer dans les années qui vont suivre. En effet, depuis le printemps 1891, le gouvernement d'Oufa est traversé par le chemin de fer d'Oufa à Zlataouste, qui est le commencement du Transsibérien, et ce district autrefois si isolé est maintenant relié au reste de l'Empire. J'ajouterai en outre que, dans ces derniers temps, tous les efforts des mineurs s'étaient portés sur l'extraction de l'or. On a délaissé le cuivre, mais devant les résultats pitoyables donnés par les lavages d'or, il est probable que l'on cherchera à reprendre les mines de cuivre abandonnées.

District de Bogoslowsk.

Les usines de Bogoslowsk sont les seules vraiment prospères dans l'Oural. Il y a dix ans, le conseiller d'État Polovtzof achetait le district de Bogoslowsk pour 6.000.000 de roubles. Cet immense espace, couvert de forêts, renferme de nombreuses richesses minérales, fer, chrome, cuivre et or, qui sont exploitées méthodiquement par le directeur du district, M. Auerbach, ingénieur des mines.

L'usine à cuivre est située dans le village de Bogoslowsk, gouvernement de Perm, district de Verkhotourié,

à 238 verstes au nord de la station Kouchva du chemin de fer de Perm à Tioumen. Les mines de cuivre se trouvent à 6 kilomètres de l'usine et sont reliées à elle par une ligne à voie étroite qui se prolonge sur 50 verstes jusqu'à la rivière Sosva. Cette voie ferrée sert à amener les minerais à l'usine et le cuivre obtenu jusqu'à Filkina, port d'embarquement sur la Sosva, où une flottille le prend et le transporte à Tioumen. A Tioumen, on expédie le cuivre par voie ferrée jusqu'à Perm, puis par la rivière Kama à Nijni Novgorod, où se trouve le principal marché des métaux. Les expéditions de cuivre ne se font qu'une fois par an, au printemps, au moment où la fonte des neiges permet une circulation facile sur les rivières.

L'usine de Bogoslowsk se trouve dans un district trop reculé pour pouvoir utiliser les houilles de mauvaise qualité que produit l'Oural ; le seul combustible employé est le bois. Les arbres sont coupés en automne, puis transportés en hiver par traîneaux, ou flottés au moment des hautes eaux du printemps sur les innombrables petites rivières qui sillonnent le district.

Minerai. — Le minerai traité à Bogoslowsk est de la pyrite cuivreuse qu'on rencontre en filons dans de la diorite ; elle tient de 4 à 5 p. 100 de cuivre. Sa composition, d'après des analyses faites en 1889, est la suivante :

Minerais des puits.

	BACHMAKOF	BACHETTE	TROITZKY	PESTCHANK
S.	10,04	1,58	0,339	4,52
SiO^2.	14,93	37,05	45,70	32,70
Fe^2O^3.	55,42	19,61	18,85	26,42
Al^2O^3.	1,84	2,39	3,44	4,53
MnO.	0,50	0,55	0,46	0,852
CaO.	5,68	11,75	10,75	26,17
MgO.	traces	traces	»	»
CuO.	5,62 (Cu 4,48)	3,88 (Cu 3,10)	3,44	1,59 (Cu 1,27)

Les mines de cuivre s'appauvrissent en profondeur; depuis 1881, la teneur en cuivre des minerais traités a diminué d'année en année.

	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887
Teneur moyenne des minerais en cuivre	10,09	7,61	7,76	6,02	6,27	5,31	5,28

Le puits Rachette a produit, en 1890, 21.967 tonnes de minerai qu'on a triées à la main et qui ont donné 10.780 tonnes de minerai brut, soit une perte au triage de 11.187 tonnes. Du puits Bachmakof, on a extrait 17.255 tonnes ayant donné après triage 15.408 tonnes, soit une perte au triage de 1.847 tonnes.

Les minerais ont été grillé sommairement aux mines et ont donné 10.266 et 14.200 tonnes.

Les puits Troitzky et Pestchank ne sont que des puits de recherches et n'ont fourni que des quantités insignifiantes de minerai.

Le prix de revient moyen de la tonne de minerai grillé sur le carreau de la mine est de 10r,424.

	MINERAI du puits Rachette	MINERAI du puits Bachmakof
	roubles	roubles
Epuisement	1,62	0,582
Abatage	3,78	1,362
Travaux préparatoires	3,468	2,064
Travaux de recherches	0,048	0,198
Boisage	0,79	0,228
Remblai	0,03	0,048
Roulage	0,708	0,360
Extraction	0,288	0,276
Triage	0,792	0,156
Grillage	0,334	0,594
Travaux divers	0,012	0,012
Amortissement du matériel	0,27	0,198
Chargement en vagons	0,096	0,120
Dépenses imprévues	0,51	0,372
Frais généraux	0,518	0,792
Amortissement des puits	»	0,366
Total	14,314	7,728

Usine à cuivre. — L'usine à cuivre, qui était presque complètement arrêtée en 1875 au moment où le domaine appartenait à la Couronne, a pris une très grande extension depuis 1881, époque où M. Polovtzof s'en rendit acquéreur.

L'ancienne méthode consistait à griller les minerais en tas à deux ou trois feux, à les fondre au four à cuve pour matte bronze. La matte bronze était grillée en tas à plusieurs feux, puis fondue pour cuivre noir au spleissofen; le cuivre noir à 90 p. 100 était raffiné au réverbère.

M. Auerbach, le directeur nommé par M. Polovtzof, a commencé par changer partiellement l'ancien système de fusion, en introduisant une opération de plus, la fusion pour matte blanche à 60 p. 100. Puis, en 1886, il songea à employer pour le cuivre la cornue Bessemer qui avait jusque-là donné des résultats très peu satisfaisants. Les essais ont admirablement réussi, et si le procédé Bessemer n'a pas complètement remplacé les deux anciens, c'est que la production a augmenté et que les huit cornues actuellement installées ne sont pas assez grandes pour suffire au traitement de tout le minerai.

En 1890, elles ont produit 745 tonnes de cuivre noir; tandis qu'on a fabriqué au four à cuve 30 tonnes, au spleissofen 687 tonnes de cuivre noir.

Description du procédé Bessemer (Pl. VII, *fig.* 4, 5, 6 et 7). — L'application du procédé Bessemer aux mattes cuivreuses présente de grandes difficultés. Lorsqu'on essaie de passer en une seule opération de la matte bronze au cuivre noir, la température du bain métallique s'abaisse beaucoup vers la fin. Au début, c'est la combustion du fer qui, jointe à celle du soufre, entretient une température élevée. A la fin le cuivre noir s'isole dans la matte plus fluide, sous forme d'éponges, qui épaississent le bain et sont violemment projetées par le vent. Il y a par là même

de fortes pertes en cuivre. Lorsqu'on fait la coulée, le cuivre noir obtenu est spongieux, peu riche et difficile à affiner.

M. Auerbach décompose l'opération en deux ; une première oxydation donne de la matte blanche à 60 p. 100 de Cu ; une seconde opération, du cuivre noir à 96 p. 100. On a tout avantage, en effet, à séparer les scories pauvres de la première opération des scories riches de la fin. Cette séparation réalise un progrès considérable ; on perd moins de cuivre, et le surcroît de dépenses résultant de la fusion de la matte au réverbère est très faible.

Dans la cornue du type Manhès les tuyères ont une position horizontale presque à la surface du bain. Bientôt après le début de l'opération, des scories abondantes se forment à la surface ; et c'est dans ces scories, et non pas dans la matte, que soufflent les tuyères. L'oxydation est beaucoup moins énergique. Si on plaçait les tuyères comme dans la cornue Bessemer pour acier, verticalement au fond de la cornue, le cuivre noir produit se rassemblant au fond, grâce à sa différence de densité avec la matte, le vent serait soufflé à travers le cuivre, ce qui donnerait lieu à des projections et à des pertes.

M. Auerbach place les tuyères à 45 degrés, et calcule les charges de telle sorte que, lorsque la matte blanche ou le cuivre noir sont formés, la surface de séparation de la matte ou du cuivre et de la scorie, soit à peu près à l'orifice des tuyères. De cette façon on ne risque pas de souffler à travers des scories ni d'oxyder trop le produit, riche en cuivre, qui se rassemble au fond.

Une des causes qui ont fait abandonner le procédé Manhès chez Vivian est l'énorme consommation de matériaux réfractaires. La matte blanche fondue est très corrosive ; elle perce en peu de temps les soles des réverbères, et corrode fortement les parois des cornues. Comme dans le procédé Bessemer, il est impossible de faire des

additions de sable siliceux pour ne pas refroidir le bain; la scorification se fait aux dépens du garnissage. On a essayé d'employer des matériaux de qualité exceptionnelle; au bout de quelques opérations à peine, on était obligé de remplacer le garnissage. Cette dépense excessive de matériaux réfractaires élève considérablement le prix de revient du cuivre. A Bogoslowsk, M. Auerbach a cessé d'employer des matériaux de bonne qualité : il prend pour les réverbères, aussi bien que pour les cornues, de l'argile très ordinaire, qu'il trouve à côté de l'usine. Cette argile n'est guère plus attaquée que les briques siliceuses et son remplacement ne coûte que fort peu de chose.

J'ajouterai enfinq u'à Bogoslowsk on dispose d'une chute d'eau qui suffit à l'alimentation de toutes les machines soufflantes et dont l'aménagement n'a pas été très coûteux.

Dans ces conditions, le procédé Manhès modifié est devenu vraiment industriel.

Au mois d'août 1891, l'usine Bessemer, dont le coût a été de 200.000 roubles, comprenait huit cornues disposées en deux groupes de quatre avec deux réverbères par groupe. Dans un groupe de quatre cornues, une travaille, une est en réparation, une se refroidit et une se réchauffe. Le regarnissage doit être fait toutes les neuf ou dix opérations; le regarnissage complet tous les trois mois. Le vent est donné par une machine soufflante, actionnée par une turbine, à la pression de 25 ou 30 centimètres de mercure.

1re opération. — Les mattes ferreuses qui servent de point de départ aux opérations sont obtenues par la fusion des minerais dans les fours à cuve de l'ancienne usine; elles contiennent en moyenne 20 p. 100 de cuivre. Elles sont élevées par un monte-charge hydraulique au niveau supérieur des fours à réverbère, puis chargées à la pelle dans ces fours. Chaque charge est de 1T,600 et

la durée de sa fusion est d'environ 3 heures. La consommation de bois est de 1 stère par tonne de matte ferreuse.

Lorsque la matte est fondue, on couche la cornue horizontalement et on réunit l'ouverture d'écoulement du four à réverbère à la gueule de la cornue au moyen d'une conduite mobile, enduite d'un mélange de charbon et de quartz, et on laisse couler la matte. Lorsque le réverbère est vide, on redresse la cornue et le soufflage commence.

La première opération a pour but d'éliminer le fer et d'obtenir une matte blanche riche ; elle ne dure que 25 à 30 minutes. La combustion du soufre et du fer élève rapidement la température du vent ; la flamme qui s'échappe de la gueule de la cornue est jaune, un peu violette sur les bords, et est traversée de petites étincelles très brillantes. A mesure que le fer brûle, la flamme diminue et verdit. Quand elle est devenue tout à fait verte. l'opération est terminée et on coule la matte dans des moules, où la scorie se sépare nettement de la matte pendant le refroidissement ; un coup de marteau suffit pour les séparer.

La matte blanche obtenue tient en moyenne 64 p. 100 de cuivre.

2e opération. — La matte blanche obtenue est refondue au réverbère, puis traitée pour cuivre noir. Cette deuxième opération est plus difficile que la première : la température s'abaisse parce que le soufre, qui forme la plus grande partie des impuretés à éliminer, ne dégage que très peu de chaleur. Par moment la matte menace de se figer ; dès qu'on aperçoit des projections, on jette du charbon dans la cornue pour élever la température. Deux ouvriers se tiennent constamment au-dessous de la cornue et sont occupés à déboucher les trous des tuyères avec des tringles en fer. Le soufflage dure de 1 heure à 1h,30 ; l'opération est considérée comme terminée lorsqu'en intro-

duisant une pelle dans la cornue, les projections, qui se solidifient dessus ne renferment plus de matte blanche : la flamme au début était verte, à la fin elle devient jaune rouge. — On coule d'abord les scories, qui contiennent de 5 à 6 p. 100 de cuivre, puis le cuivre noir, qui est plus tard affiné et raffiné au réverbère selon la méthode ordinaire.

Dans une même cornue on fait de suite trois ou quatre opérations pour matte blanche, puis deux pour cuivre noir, puis de nouveau deux ou trois pour matte blanche afin de dissoudre les masses de cuivre non solidifiées, qui sont restées dans la cornue.

Analyses des différents produits obtenus dans la fabrication du cuivre au Bessemer.

	MATTES BLANCHES			CUIVRE NOIR		
	N° 1 (opération mauvaise)	N° 2	N° 3 (opération mauvaise)	N° 1, obtenu au Bessemer	N° 2, obtenu au spleissofen	N° 3, obtenu au four à cuve
Cu.	75,08	68,60	76,76	96 p. 100	97,72	92,74
Fe.	3,52	7,51	2,06	»	0,04	5,28
Ni et Co. . .	0,82	0,51	0,76	»	0,35	1,42
Ag.	traces	traces	traces	»	traces	traces
As, Sb. . . .	0,08	0,06	0,04	»	0,17	0,65
Sn.	0,07	»	»	»	»	»
S.	20,34	23,22	19,46	»	0,01	traces
O	»	»	»	»	1,81	0,69

Scories obtenues dans la fabrication des mattes blanches.

	SCORIE N° 1	SCORIE N° 2	SCORIE N° 3
SiO^2	27,28	33,70	30,54
Al^2O^3.	3,74	1,62	3,84
Cu.	1,62	0,84	1,74
Fe.	49,98	47,59	47,18
Ni et Co	0,78	0,76	1,10
Sb, As	traces	»	»
Sn.	0,21	»	»
CaO.	0,12	0,95	0,50
MgO	0,11	0,38	0,11
S	0,82	5,93	0,76
O, etc.	15,34	8,23	14,23

Personnel d'un atelier Bessemer.

Contremaître à 50 roubles par mois, recevant 0,50 r. pour toute opération qu'il fait en 12 heures au delà de 5. . . . 1
Machiniste faisant fonctionner l'élévateur et jetant les mattes dans le four, à 25 roubles par mois 1
Ouvrier pour peser des mattes à 0,55 r.. 1
2 fondeurs pour les réverbères à 1 rouble par jour 2
2 manœuvres pour charger le bois dans les fours à réverbère à 0,85 r par jour. 2
3 ouvriers pour la manœuvre des cornues à 0,75 r. par jour. 3
2 ouvriers occupés à déboucher les tuyères pendant l'opération Bessemer, à 0,70 r. par jour 2
2 manœuvres pour la coulée à 0,75 r. par jour 2
2 ouvriers et 2 aides pour la réparation des cornues à 0,80 r. par jour. 4
2 ouvriers pour l'enlèvement des mattes et le transport des bois à 0,80 r. par jour. 2

Étude du prix de revient du cuivre noir en 1890. — Les prix de revient ne comprennent pas les frais généraux sauf pour la matte bronze, pour laquelle sont comptés les frais généraux de l'usine, mais non ceux du domaine.

I. *Fabrication de la matte bronze.* — En 1890 on a fondu 37.388 tonnes de minerai dont le prix de revient a été de 247.734 roubles, soit 6r,59 par tonne. Ce prix de revient très bas est dû à la fusion d'une grande quantité de vieux minerais, qu'on n'avait pas jugés assez riches autrefois et qu'on avait abandonnés sur le carreau de la mine.

En plus on a fondu les matières suivantes :

			Valeur estimée d'après la teneur en Cu.
		tonn.	roubles.
Scories de Spleissofen		4.848	58.396
Scories de Bessemer	n° 1, matte blanche	944	3.286
	n° 2, reverbères de fusion	404	8.669
	n° 3, cuivre noir	309	3.649
Scories de fusion de la matte bronze au four à cuve.		1.288	5.218

Les frais de fusion ont été :

	roubles.
Main-d'œuvre	30,383
Combustible	101.637
Frais généraux de l'usine	10.364
	142.384
Minerais	247.714
Scories	78.618
	468.716

On obtient ainsi 10.026 tonnes de matte d'une valeur de 46r,20 la tonne. Le kilogramme de cuivre y revient à 0r,220.

II. *Fabrication du cuivre noir au four à cuve.* — On a fondu 1.806 tonnes de matte bronze au four à cuve.

	roubles.
Frais de fusion et de grillage	8.113
Prix de la matte	76.511
Addition de 53 tonnes de silice	500
Total	85.124

On a obtenu :

tonnes.				roubles.
27,35	de cuivre noir à 93	p. 100	d'une valeur de	12.245
428,46	de Dünnstein	id.	id.	65.813
1.620,23	de scories	id.	id.	7.193

Les valeurs des produits obtenus sont calculées d'après les teneurs en cuivre. Valeur du kilogramme de cuivre noir 0r,447.

Le kilogramme de cuivre y revient à 0r,480.

III. *Fabrication du cuivre noir au spleissofen.* — On a fondu au spleissofen :

	QUANTITÉS	VALEURS	TENEURS
	tonnes	roubles	p. 100
Matte bronze	4.160,05	172.325	18,4
Dünnstein	425,58	70.121	50,0
Matte blanche Bessemer	254,68	42.604	64,0
Poussières Bessemer	51,61	5.136	44,5
Scories de raffinage	113,31	16.966	51,0
Poussières du Spleissofen	30,10	»	34,2

La production a été de 687,96 tonnes de cuivre noir à 96 p. 100 ; et de 4.466 tonnes de scories d'une valeur de 57.340 roubles.

	roubles.
Valeur des matières fondues moins la valeur des scories	249.812
Frais de fusion, main-d'œuvre	11.230
Bois	19.270
Frais divers et matériaux	9.802
Total	290.114

	roubles.
Valeur du kilogramme de cuivre noir	0,424
Le kilogramme de cuivre y revient	0,441

IV. *Fabrication du cuivre noir par le procédé Bessemer.* — On a traité 5.013.16 tonnes de matte bronze d'une teneur moyenne de 19,05 p. 100, et d'une valeur de 220.418 roubles.

On a fait 3.825 opérations pour matte blanche et 887 opérations pour cuivre noir. Chaque opération a coûté 7^{r},86.

Les dépenses ont été :

	roubles.
Main-d'œuvre	13.245
Combustible	11.506
Frais divers et matériaux	12.308
Total	37.059

1° On a obtenu dans les opérations pour matte blanche :

	QUANTITÉS	VALEURS	TENEURS
	tonnes	roubles	p. 100
Matte blanche	1.549,21	238.892	63,29
Scories n° 1 de la fusion des mattes au réverbère.	337,85	8.669	10,20
Scories n° 2 Bessemer, 1re opération.	960,26	3.341	1,80

Le prix de la matte blanche est évalué en portant tous les frais sur le prix de la matte et en retranchant de cette somme la valeur des scories, évaluée d'après leur teneur en cuivre.

2° On a traité dans les opérations pour cuivre noir :

	QUANTITÉS	VALEURS	TENEURS
	tonnes	roubles	p. 100
Matte blanche	1.418,70	219.162	63,80
Dünnstein.	104,21	15.692	48,90

On a obtenu :

	QUANTITÉS	VALEURS	TENEURS
	tonnes	roubles	p. 100
Cuivre noir.	745,80	231.935	96,00
Scories n° 3 Bessemer, 2e opération.	383,01	3.792	5,70
Poussières Bessemer	64,16	6.102	14,69
Prix du kilogramme de cuivre noir. . . . . 0,3108 r.			
Le kilogramme de cuivre y revient à 0,322			

V. *Raffinage du cuivre noir.* — On a raffiné en 1890 le cuivre noir provenant des :

	QUANTITÉS	VALEURS	TENEURS
	tonnes	roubles	p. 100
Fours à cuve.	315,50	14.859	93
Spleissofen.	696,25	291.365	96
Bessemer.	777,40	238.913	96
Traitement d'anciens loups.	6,23	2.575	»

Les frais de raffinage du cuivre ont été :

	roubles.
Main-d'œuvre.	2.704
Combustible.	2.833
Frais divers	693
Total.	6.230

On a obtenu 1.383T,8 de cuivre pur, et des scories riches d'une teneur de 52 p. 100 valant 17.656 roubles. Ces 1.383T,8 de cuivre reviennent donc à 536.266 roubles. A ce prix de revient, il faut ajouter 27.700 roubles pour les frais généraux de l'usine, et 47.646 roubles pour les frais généraux du domaine, ce qui donne un total de :

601.612 roubles pour 1.388t,8 de cuivre pur,

soit :

0,43 r. le kilogramme.

L'impôt de l'État est de 0r,03 par kilogramme. Le prix de transport du cuivre jusqu'à Nijni Novgorod est également de 0r,03. A Nijni où est le marché de cuivre, le kilogramme revient donc à 0r,490.

Cette étude des prix de revient du cuivre noir montre nettement l'avantage du procédé Bessemer dans le traitement des minerais purs; le procédé se perfectionne encore de jour en jour et remplacera les anciennes fabrications.

Le prix du cuivre électrolytique étant beaucoup plus élevé que celui du cuivre ordinaire, M. Auerbach a songé à utiliser l'excédent de force motrice dont il dispose pour créer une usine de raffinage électrolytique. L'usine est presque achevée, mais n'a pas encore fonctionné. Toute l'installation ne coûtera pas plus de 8.000 roubles, parce que la main-d'œuvre et le bois sont à très bas prix; d'autre part, l'immobilisation de grandes quantités de cuivre pour les anodes et les cathodes, qui pèse dans bien des mines très lourdement sur le prix de revient,

n'a ici aucun inconvénient, puisque les transports ne se font qu'une fois par an et que les stocks existeraient quand même. La nouvelle installation promet de donner d'excellents résultats économiques, d'autant plus que le cuivre contient 0,04 p. 100 d'argent et des traces d'or.

District de Nijne Taguil.

Le domaine de Nijne Taguil appartient à P.-P. Démidoff, prince de San Donato. Les principaux revenus du domaine proviennent des lavages d'or et de platine, et des usines à fer. L'exploitation du cuivre avait également donné pendant de longues années de magnifiques résultats. Ainsi, en 1852, la production de cuivre avait été de 3.305 tonnes, mais depuis lors le prix du combustible a beaucoup augmenté, les minerais se sont appauvris en profondeur et aujourd'hui l'usine ne vit plus que grâce aux gros bénéfices provenant des lavages d'or et de platine.

L'usine à cuivre est située dans la petite ville de Nijne Taguil, sur le chemin de fer de Perm à Tioumen. Elle traite des minerais oxydés et sulfurés qui viennent de divers points du district et dont le prix moyen est de 10ʳ,2.

Analyses de divers minerais.

	MINERAI dioritique	MINERAI talqueux	MINERAI pyriteux	MINERAI ferreux
SiO^2	25,219	46,635	10,608	12,287
Al^2O^3	7,955	12,452	4,378	2,402
Fe^2O^3	48,020	18,999	62,000	73,743
Mn^3O^4	1,139	2,697	0,933	0,448
CaO	2,214	1,295	3,901	0,526
MgO	2,504	2,333	1,445	0,720
Cu	3,399	4,258	3,938	1,921
S	5,956	0,173	6,251	0,974

Traitement des minerais. — Les minerais oxydés et

sulfurés sont mélangés, puis traités au four à cuve pour matte bronze. La matte bronze est grillée en tas à 5 ou 6 feux, puis fondue pour cuivre noir et matte riche dans des fours à manche. Le cuivre noir est raffiné au réverbère.

L'usine comprend actuellement : 1° pour la fusion des minerais, 6 fours à cuve à avant-creuset marchant au coke et faisant 16 tonnes par vingt-quatre heures ; 2° un waterjacket pour fondre les pyrites grillées ; 3° pour la fusion des mattes bronze, 8 fours à manche marchant au charbon de bois ; 4° pour le raffinage du cuivre noir, 2 spleissofen ; 5° une installation de traitement des minerais par voie humide.

Le waterjacket (Pl. VII, *fig.* 1, 2 et 3) a été construit à la fin de 1888 pour remplacer les fours à cuve à avant-creuset, qui ont l'inconvénient de produire très peu et d'être à chaque instant obstrués par les loups.

Le waterjacket est du type américain ; il se compose du four proprement dit et de l'avant-creuset, tous deux à enveloppe d'eau. Les scories et la matte coulent d'une façon continue dans l'avant-creuset. La jonction du four et de l'avant-creuset est très délicate. Malgré la circulation d'eau, les parois du joint se corrodent rapidement et on a dû plusieurs fois arrêter le waterjacket. Son fonctionnement n'a donc pas été très satisfaisant jusqu'ici.

Le vent est soufflé par trois tuyères de deux pouces de diamètre, avec une pression d'un demi-pouce de mercure. La consommation d'eau est de 100 litres par minute.

On traite actuellement au waterjacket des pyrites qu'on grille d'abord en tas. On y ajoute 20 à 25 p. 100 de scories riches et 10 à 15 p. 100 de minerai argileux. On passe en vingt-quatre heures 50 tonnes du lit de fusion avec une consommation de 250 kilogrammes de coke par tonne.

La matte obtenue contient de 25 à 30 p. 100 de cuivre.

En somme, le traitement est très primitif et ce n'est que grâce à la pureté exceptionnelle des minerais qu'on peut obtenir le cuivre de bonne qualité qui a fait pendant longtemps la réputation de Taguil.

En voici quelques analyses :

	CUIVRE N° 1	CUIVRE N° 2	CUIVRE N° 3	CUIVRE N° 4
Fe	0.00291	0,00551	0,00426	0,00404
As	0,0351	0,0360	0,0310	non déterminé
Sb	0,0836	0,0700	0,0700	»
O.	non déterminé	non déterminé	non déterminé	0,01761
Matières insolubles	0,0020	0,0033	0,01166	0,0509

La production de l'usine de Taguil a été, en 1890, de 700 tonnes de cuivre.

Traitement des minerais par voie humide. — Au mois d'août 1891, on a commencé à traiter par la voie humide les minerais pauvres, tenant de 1,5 à 2,5 de cuivre, dont la fusion n'était pas rémunératrice. Les minerais, grillés à mort, sonttraités par une solution de sulfate de fer et de chlorure de sodium (procédé Hount et Douglas), qui dissout le cuivre. Le cuivre est ensuite précipité par des ferrailles.

Les ingénieurs de Taguil comptent beaucoup sur la réussite du procédé; mais il me semble que leurs espérances ne sont pas très fondées, étant donné la cherté du minerai et des produits chimiques.

Vente du cuivre. — Le marché du cuivre est à Nijni Novgorod, à la foire annuelle; pour fixer les prix, on prend comme base les prix de Vivian et on y ajoute les droits d'entrée, 150 roubles or par tonne, soit 600 francs.

La concurrence étrangère n'est donc pas à craindre, et comme la consommation du cuivre en Russie est supé-

rieure à la production, l'importation annuelle variant de 1.500 à 2.000 tonnes, les exploitants russes sont sûrs de vendre leurs cuivres à des prix très élevés.

Malgré ces conditions très favorables je ne crois pas que la production du cuivre doive augmenter beaucoup dans l'Oural. Dès qu'une usine dépasse une certaine production, elle n'a plus assez de combustibles à sa disposition, elle est obligée de faire venir le bois de loin et le prix de revient s'élève beaucoup. Une usine a avantage à restreindre sa production pour ne pas consommer plus de bois que les environs ne peuvent en fournir. Pour augmenter la production, il faudrait non pas augmenter telle ou telle usine, mais en créer de nouvelles placées près des mines et disposant d'une force hydraulique qui permette d'installer le procédé Bessemer.

MINES ET USINES DU CAUCASE.

Les gisements de cuivre sont très nombreux au Caucase ; ils sont en relation avec des roches magnésiennes, et souvent d'une grande richesse; mais malheureusement ils sont situés dans des pays très accidentés, très élevés, totalement dépourvus de voies de communication et de combustible. C'est ce qui explique le peu de développement qu'ont pris jusqu'ici les exploitations de cuivre au Caucase. Beaucoup d'essais ont été tentés pour exploiter des gisements cuprifères; presque tous ont échoué faute de capitaux suffisants.

La Compagnie française d'Aktala par exemple, dont les gisements étaient très riches, et facilement exploitables, a sombré il y a deux ans, par la raison que lorsqu'on a eu construit la route reliant Aktala au chemin de fer, il n'est plus resté d'argent pour commencer l'exploitation. Actuellement, l'affaire a été reprise, et l'on a de grandes chances de la mener à bien.

En 1888, les usines suivantes étaient en activité dans le Caucase :

		PROPRIÉTAIRES	PRODUCTION en Cu	TENEUR en Cu du minerai
			tonnes	p. 100
Gouvernement de Tiflis.	Albert	Ivietkof	30,0	5,7
	Chambloug		1,1	5,7
Gouvernement d'Elisabethopol.	Kédabeck	Siemens	802,0	6,0
	Kalakent		311,0	6,0
	Delijane	Artzroun	14,0	6,0
	Galizour	Sevastof	52,0	12,0
	Katar	Moutafof et Cie	149,0	12,0
	Lazaref	Lazaref	63,0	12,0
	Ougourtchaï	Koundourof	149,0	12,0
	Teïs	Tchavlarof	Minerai traité à Galizour.	10,0

Sauf l'usine de Kedabek, qui appartient aux frères Siemens, toutes ces usines sont entre les mains d'Arméniens, qui n'entendent rien à la métallurgie, fondent leurs minerais, lesquels sont très riches, dans de mauvais petits fours, et vendent leur cuivre en Perse.

Usines de Kedabek et de Kalakent.

Situation géographique. Voies de communications. — La mine et l'usine de Kedabek sont situées à 50 verstes au sud de la station de Dalliar, du chemin de fer de Tiflis à Bakou, à une altitude de 1.200 mètres. Elles sont reliées au chemin de fer par une très mauvaise route, qui sert au transport du cuivre et du naphte.

Les résidus de distillation du naphte (mazout) s'achètent à Bakou 2r,4 par tonne, en moyenne. Leur transfert de Bakou à Dalliar coûte 5r,4; de Dalliar à Kedabek 15 roubles. Ils reviennent donc à Kedabek à 22r,8.

Dès que la pluie tombe pendant une journée, le transport par voitures devient très pénible, et il est difficile de fournir à l'usine tout le naphte dont elle a besoin.

La première partie du chemin est surtout mauvaise; la route monte une côte fort raide, et il faut jusqu'à 10 chevaux pour traîner les chariots chargés de naphte. Aussi a-t-on installé depuis Dalliar jusqu'au sommet de la montagne (800 mètres de différence de niveau) une conduite en tuyaux Mannesmann. Le naphte est refoulé par des pompes puissantes dans des réservoirs situés à moitié chemin entre Dalliar et Kedabek, et d'où on le transporte en voiture jusqu'à l'usine. Ces tuyaux n'ont pas encore fonctionné; la pression y est énorme, et lorsqu'on a essayé de pomper le naphte, les manchons d'accouplement ont sauté. On pensait que la conduite serait remise en état au commencement de 1892.

Les environs de Kedabek même sont dépourvus de bois de chauffage et de force motrice hydraulique. On a construit à 21 verstes de la mine, près de la rivière Chamkor, l'usine de Kalakent, où on traite une partie des minerais. Les bois, provenant des forêts de la Couronne, y arrivent assez facilement par flottage, mais l'administration des forêts défend d'en brûler plus de 120.000 stères par an. D'autre part, à Kalakent, il y a une chute d'eau considérable, qui a permis l'installation d'une usine électrolytique.

Un chemin de fer à voie étroite relie l'usine et la mine de Kedabek à l'usine de Kalakent. Les trains chargés de minerai à l'aller rapportent au besoin du charbon de bois au retour. Ce chemin de fer a coûté 800.000 roubles; il a 30 verstes de long. Les courbes atteignent 70 mètres de rayon; la pente normale est de 25 millimètres et va jusqu'à 40 millimètres. Les locomotives n'ont pas assez d'adhérence et par des temps humides n'avancent qu'à grand'peine. Le prix de revient du bois à Kedabek est de $3^r,5$ par stère. Le charbon de bois vaut 15 roubles la tonne; il est l'équivalent de $0^t,280$ de naphte.

Le gisement est formé par des amas de pyrite cuivreuse

et ferreuse, au milieu de quartzites, qui sont eux-mêmes entourés de diorites.

On extraie trois catégories de minerais.

1re *Catégorie.* — Minerais riches. Ie sorte : minerai pyriteux dur, un peu basique, contenant 15 à 24 p. 100 de Cu, 5 p. 100 de barytine, 7 p. 100 de blende, 8 p. 100 de quartzite, le reste est de la pyrite de fer.

IIe sorte. Minerais oxydés d'une composition très irrégulière contenant jusqu'à 40 p. 100 de cuivre, de l'argile, de la blende, pas de barytine et peu de pyrites.

2e *Catégorie.* — Minerais moyens. Cette catégorie forme la majeure partie des minerais extraits; ils contiennent de 5 à 12 p. 100 de cuivre, en moyenne de 7 à 8 p. 100, de la blende, de la barytine, des quartzites, de l'argile et beaucoup de pyrites. Ils sont très friables et toujours acides. On les obtient presque toujours à l'état de sables.

3e *Catégorie.* — Minerais pauvres, tenant moins de 5 p. 100, traités par voie humide.

Pour la mine comme pour les usines, le personnel ouvrier est très difficile à recruter : on emploie des tatares nomades qui viennent de Perse pour travailler une saison ou deux; ils gagnent 45 kopeks et vivent avec 10 ou 15 kopeks par jour. Le prix de la main-d'œuvre paraît donc être très bas, mais ces tatares sont en général paresseux et ne font que peu de besogne. En 1890, à la mine, on a compté 43.801 journées de travail, ayant donné 30.769 tonnes de minerais, dont 21.733 tonnes ont été fondues. On a payé pour la main-d'œuvre et les explosifs 34.318 roubles. Le prix de revient général du minerai est de 3 roubles par tonne, plus 1 rouble pour le transport aux usines.

Traitement des minerais de cuivre par voie humide. — On traite par voie humide tous les minerais de cuivre

contenant de 2,5 à 5 p. 100 de cuivre et qui sont trop pauvres pour être avantageusement fondus. A la mine même, il y a une installation pour faire passer les eaux de la mine sur des tas de minerais anciens qui ont été abandonnés là, parce qu'on les considérait comme trop pauvres. Le cuivre est précipité des eaux de lavage par de vieilles ferrailles. Aujourd'hui les minerais sont transportés à une verste environ de la mine dans une grande laverie, à côté de la voie du chemin de fer. C'est là que se fait le triage. Les minerais riches sont envoyés à la fusion; les minerais pauvres sont traités sur place. On commence par griller le gros en tas, le menu dans quatre fours Gerstenöfen. Les fumées de ces fours sont employées à acidifier les eaux de lavage qui viennent de la mine. Les minerais grillés sont disposés en grands tas rectangulaires sur une aire bitumée pour éviter les infiltrations; les eaux de la mine arrivent par des rigoles et passent d'un tas sur l'autre. Dans l'intérieur des tas, on ménage avec des bois des conduits horizontaux et verticaux pour faciliter le passage de l'air et l'oxydation. Au bout de quelques mois, on démolit les tas et on les rebâtit au-dessous de leur ancienne place, puis on y fait repasser des eaux de lavage. Les eaux qui s'écoulent des tas vont couler dans des caisses en bois, où sont placées des ferrailles. Le cuivre se dépose sous forme d'une croûte peu adhérente qu'on enlève de temps en temps, en lavant les ferrailles sur un tamis à l'aide d'un balai. Les eaux se clarifient ainsi peu à peu; mais on les retraite encore une fois à l'usine au fond de la vallée.

La consommation de fer est de 1,2 pour 1 de cuivre de cémentation ne contenant que 60 p. 100 de cuivre pur. Le prix des ferrailles est de 33 roubles la tonne. Le travail par cémentation est économique; mais il est très lent et exige des stocks considérables de minerais et de vieilles ferrailles. La production annuelle de cuivre

de cémentation est de 110 tonnes environ; le prix de revient du cuivre cémenté à 10 p. 100 est de 200 roubles la tonne, ce qui donne le cuivre pur à 360 roubles environ.

Usine de Kedabek. — Les minerais sont très purs; aussi la formule du traitement est-elle simple : grillage des minerais, fonte pour matte de concentration, grillage de la matte, puis fonte pour cuivre noir et Dünnstein, enfin raffinage du cuivre noir.

Grillage. — Le grillage des minerais en morceaux et des mattes se fait en tas ou dans des kilns. On préfère de beaucoup les kilns qui permettent de faire le grillage des mattes en 24 heures. Le grillage des menus se fait maintenant exclusivement dans des fours Gerstenöfen à vingt ou vingt-deux niveaux. Tous ces fours sont disposés de manière à pouvoir être chauffés au mazout. Le mazout coule dans trois petits godets superposés, placés à la base du four et y brûle. La consommation n'est que de $0^t,150$ de mazout par 24 heures et par four. Le grillage est excellent et très rapide; le minerai ne fait pour ainsi dire que passer à travers le four. On est très satisfait de ces fours; ils ont complètement remplacé les réverbères pour le grillage des menus.

Fusion des minerais (Pl. VI). — La fusion pour matte de concentration se fait actuellement en partie dans deux fours chauffés au naphte, en partie dans des fours à cuve marchant au charbon de bois. Les fours à naphte sont de grands fours ronds; le naphte est injecté au moyen de vapeur par deux injecteurs placés symétriquement par rapport au canal d'écoulement des gaz, les tuyères à air sont immédiatement au-dessous des injecteurs. Ce mode de chauffage est très simple une fois que le feu est réglé, il n'y a plus à y toucher. La sole du four est en

quartz; la voûte du four est un peu surélevée. Il faut en effet éviter que les flammes ne viennent buter directement contre les parois. Même si ces dernières sont de très bonne qualité, elles risquent d'être immédiatement brûlées. Le chauffage se fait en somme par rayonnement et non par contact.

Le canal d'écoulement des gaz est un conduit incliné à section rectangulaire qui aboutit à une cheminée. Comme les gaz sortent du four à une température élevée, on les emploie pour griller les minerais. On place les menus dans le canal incliné et on les fait descendre peu à peu avec des râbles; le grillage se fait très bien. Primitivement on avait essayé de les faire tomber directement dans le four, mais la température vers l'orifice du canal est trop élevée, et le minerai fondait avant d'y arriver. On était donc obligé de retirer le minerai par les orifices pratiqués dans la paroi du canal et de le recharger sur la sole du four. Dans le four le plus récent, on a placé dans le canal d'écoulement un serpentin en fonte, par lequel on souffle l'air destiné à brûler le naphte. C'est un essai de récupération de chaleur. Les résultats ne sont pas encore exactement connus : la température parait s'élever beaucoup.

On traite surtout aux fours à naphte les minerais menus qu'on a en grande abondance. Par 24 heures, on charge 38 tonnes de minerais, plus 2 tonnes de minerais de fer pour faciliter la scorification, et des scories riches provenant du raffinage du cuivre noir. Avec des minerais à 7 p. 100 de cuivre, on obtient des mattes tenant de 22 à 25 p. 100 de Cu. La coulée se fait généralement une fois par 24 heures. La consommation de mazout est de 4 tonnes par 24 heures.

Le personnel pour un poste de 12 heures est de quatre hommes pour le grillage; de un maître et de trois manœuvres pour la conduite du four.

La matte obtenue et les scories ont en moyenne la composition suivante :

Matte.	Cu	23,00
	Fe	30,00
	S	31,00
	Zn	traces
Scories.	SiO^2	50,00
	Fe	25,00
	Zn	2,30
	Cu	0,25
	Al^2O^3	3,00
	Chaux, etc.,	non déterminés.

Le travail aux fours à naphte est très facile et économique. Dès que la conduite de tuyaux Mannesmann pourra amener du naphte en quantité suffisante, on supprimera la fusion au four à cuve.

Fusion du minerai au four à cuve. — Les fours à cuve sont de forme trapézoïdale et à avant-creuset. On y traite surtout le minerai en gros morceaux; au minerai grillé, on ajoute du minerai cru de manière à obtenir une matte à 25 p. 100 de cuivre. Selon l'habileté de l'ouvrier fondeur, on passe par jour de 10 à 15 tonnes de minerai avec 1 tonne de minerai de fer et de 3 à 5 tonnes de scories pour faciliter la fusion. La consommation de charbon de bois est de $0^t,150$ par tonne du lit de fusion.

Le personnel par jour et par poste est de 1 maître et 2 aides.

Composition moyenne des scories :

SiO^2	31,4
Fe	41,9
Cu	0,24-0,26

Cette analyse montre que les scories sont très pauvres en cuivre, et que l'élimination du fer est plus active que dans les fours au naphte.

Le prix de revient moyen de la matte de concentration, faite, soit au four à cuve, soit au four à naphte, est de 60 roubles par tonne.

La matte de concentration est grillée à trois ou quatre feux dans des kilns, ou à sept ou huit feux en tas, puis traitée au four à cuve. On obtient du cuivre noir à 92 p. 100, du dünnstein à 50 ou 52 p. 100, et une très petite proportion de matte à 25 p. 100.

Les scories de cette fusion contiennent :

SiO^2	30 à 35
Fe	43 à 48
Zn	4
Cu	de 0,75 à 1

Raffinage du cuivre noir. — On raffine le cuivre noir ainsi que le cuivre de cémentation au spleissofen à naphte, qui fonctionne dans les mêmes conditions que les grands fours à naphte. La charge est de 2 tonnes de cuivre noir, et l'on passe quatre charges en 24 heures.

La consommation de naphte est de $1^t,2$. Les scories tiennent en moyenne 30 p. 100 de cuivre. La coulée se fait dans des moules en cuivre de petite dimension pour éviter les soufflures.

Le prix de revient général du cuivre pur obtenu par fusion est de 360 roubles par tonne, frais généraux compris.

Usine de Kalakent. — L'usine de Kalakent a été créée pour la fabrication du cuivre électrolytique, à l'aide d'une force motrice hydraulique et pour y traiter les minerais transportés dans la marche de retour par les trains qui apportent du charbon de bois.

Les minerais sont, comme à Kédabek, grillés en tas ou dans des fours Gerstenöfen, puis traités au four à cuve.

Installations électrolytiques. — Les minerais, à 4 p. 100

de cuivre environ, sont broyés dans un broyeur Karr, qui passe 20 tonnes en 12 heures, puis grillés au four Gerstenöfen. Après grillage, ils sont placés dans quatre caisses en bois bitumées, contenant 5 tonnes chacune, puis lavés à l'eau pure d'une façon continue. L'eau dissout le sulfate de cuivre formé dans le grillage. La liqueur obtenue est clarifiée en la faisant filtrer dans quatre caisses analogues aux précédentes, et tenant des minerais déjà lavés, ce qui en enlève les dernières traces de cuivre. Puis on l'acidule légèrement et on l'électrolyse dans des caisses goudronnées.

Les anodes sont des plaques de cuivre noir, les cathodes des plaques très minces de cuivre pur. Les caisses sont disposées en cascade, et on emploie la solution jusqu'à son complet appauvrissement en cuivre. La machine électrique est du type Siemens et Halske de 400 ampères et 20 volts, actionnée par une machine de 30 chevaux. La production de cuivre électrolytique a été, en 1890, de 81 tonnes.

En 1887, lorsqu'on a installé l'usine électrolytique, on a employé, au lieu d'anodes de cuivre noir, des anodes en charbon de bois comprimé avec un peu d'argile, et fortement calcinées; mais cet essai n'a pas réussi. Je suppose que la polarisation devait être trop forte. Depuis cette époque, les Siemens ont perfectionné leur méthode. Bien qu'on n'ait pas repris à Kalakent les anodes en charbon, je crois intéressant d'exposer sommairement le nouveau procédé Siemens, pour faire comprendre les causes de la non réussite des premiers essais.

Jusqu'ici, dans les procédés de fabrication électrolytique du cuivre, on a toujours employé des anodes solubles, parce que avec des anodes insolubles, la polarisation est trop forte, ce qui diminue considérablement le travail utile du courant électrique. Dans le procédé Siemens, on se sert d'anodes en charbon, et on évite la pola-

risation en ajoutant à la solution cuivreuse une autre solution, qui absorbe l'oxygène se dégageant à l'anode, et empêche par conséquent la polarisation. On emploie, à cet effet, du sulfate ferreux qui, au contact de l'oxygène naissant, se transforme en sulfate ferrique. Il faut remarquer, en outre, que le sulfate ferrique produit dissout les sulfures du cuivre ainsi que le cuivre et, par conséquent, peut servir à extraire le cuivre des minerais.

La solution soumise à l'électrolyse est donc un mélange de sulfate de cuivre et de sulfate ferreux, avec addition d'un peu d'acide sulfurique libre, pour augmenter la conductibilité. Le liquide est amené d'une façon continue aux cathodes, où une partie du cuivre se dépose, puis coule vers les anodes. Là, le sulfate ferreux absorbe l'acide sulfurique provenant de la décomposition du sulfate de cuivre, et se transforme en sulfate ferrique qui, en vertu de sa densité plus grande, tombe au fond des caisses. Le liquide qui s'écoule est devenu plus pauvre en cuivre, et se compose en partie de sulfate ferrique neutre, lequel a la propriété de transformer les sulfures de cuivre en sulfates, et de dissoudre le cuivre contenu dans les minerais.

Cette dissolution peut s'obtenir avec certains minerais sans grillage préalable ; avec d'autres, un grillage modéré est nécessaire pour transformer tous les sulfures en Cu^2S.

Le lavage du minerai en poudre, par la solution de sulfate ferrique, se fait dans des rigoles longues, étroites et basses ; deux roues à palettes maintiennent le minerai en suspension dans l'eau. La solution est amenée d'une façon continue à un bout de la rigole et la quitte à l'autre bout, après avoir enlevé le cuivre du minerai, puis elle repasse par la cuve à électrolyse. C'est un cycle fermé.

La teneur moyenne en cuivre des résidus varie entre 0,1 et 0,5 p. 100.

Sans entrer dans les détails des différents appareils, je décrirai seulement les anodes : ce sont des barres homogènes et rondes de charbon, qui sont reliées, au nombre d'une centaine, par une garniture en plomb formant une sorte de grille de $1^{m},60$ de long et $0^{m},405$ de large. La durée du système est indéfinie.

Pour une installation électrolytique devant faire 1 tonne de cuivre par jour, une force de 75 chevaux est nécessaire. Le prix de revient de l'installation, non compris le prix des bâtiments et du moteur hydraulique, peut s'évaluer de la manière suivante :

	marks.
Installation électrolytique.	105.000
Pour le lavage des minerais.	47.000
Pour le voyage des minerais.	31.000
Divers.	60.000
	243.000 marks.

Le prix de revient de la tonne de cuivre, obtenue avec des minerais à 4 p. 100, s'évalue de la manière suivante :

	marks.
Intérêt du capital de 243.000 marks pour 24 heures à 5 p. 100	33,75
Amortissement à 10 p. 100.	67,50
Force motrice 130 HP, à $0^{m},02$ par cheval à l'heure.	62,40
Main-d'œuvre	30,00
Intérêt du cuivre employé	10,00
Combustible pour le chauffage des solutions.	10,00
Frais généraux.	40,00
	253,65 ou $317^{f},06$

Non compris le prix du minerai.

Résumé. — En 1890, la production du cuivre a été :

	tonnes.
A Kedabek.	1.134
A Kalakent	659
Cuivre électrolytique.	81

Le prix moyen de vente à Nijni Novgorod a été de 720 r. par tonne. Le prix de revient du cuivre a été de 360 r.; il faut y ajouter 30 r. d'impôt et 30 r. de transport jusqu'à Nijni. Le bénéfice net a donc été de 300 r. par tonne environ. Les capitaux engagés dans l'affaire se montent à 4 millions de roubles, dont 1 million a été amorti. Actuellement, les bénéfices sont considérables, puisque, pour un capital de 3 millions de roubles, il y a un bénéfice annuel de 550.000 roubles.

Pour qu'une exploitation de cuivre dans le Caucase puisse donner des résultats avantageux, il est nécessaire de l'entreprendre avec des capitaux considérables, pour pouvoir créer des voies de communication suffisantes. De plus, il faut remarquer que les bénéfices sont très faibles pendant les trois ou quatre premières années. Ces raisons expliquent pourquoi les gîtes très riches du Caucase ne sont guère exploités.

Cependant, depuis cette année, on fait de nombreux efforts pour développer l'industrie métallurgique du Caucause, et si les Français ne profitent pas des bonnes dispositions du gouvernement russe à leur égard, ce sont les Allemands qui s'empareront de l'industrie de la Transcaucasie, où leurs colonies agricoles sont déjà très prospères.

LA FRANCE ET L'ALGÉRIE SISMIQUES

Par M DE MONTESSUS DE BALLORE, Capitaine d'artillerie
Inspecteur des études à l'École polytechnique.

Les causes premières des tremblements de terre sont encore parfaitement inconnues. De très grands et nombreux efforts ont été faits pour y parvenir, mais il faut bien reconnaître que précisément la foule des hypothèses faites à leur sujet, et aussi des relations sans base solide que l'on a de tout temps énoncées entre les séismes et d'autres phénomènes naturels de tout genre, montre combien on est encore loin de la solution du problème.

Ces prétendues lois de concordance ou de relation s'adressent à deux ordres de faits, les uns extérieurs à l'écorce terrestre, les autres se produisant dans son intérieur. Quoique la logique soit en faveur de ces derniers, c'est aux premiers que l'on a le plus souvent recours, simplement parce qu'ils sont plus directement accessibles. C'est dans les milieux cosmiques et atmosphériques que l'on est allé, et que l'on va encore chercher, pour les mettre en relation avec les séismes, les phénomènes les plus étrangers à la dynamique terrestre, depuis les positions des astres jusqu'au calme trompeur qui précède les cyclones.

Dans des travaux antérieurs (*), j'ai montré, au moyen de statistiques fondées sur des chiffres considérables

(*) *Archives des sciences physiques et naturelles de Genève*, novembre 1889 et mai 1891.

(plus de 50.000 secousses discutées pour toute la surface du globe), que les tremblements de terre ne dépendent en aucune façon ni des heures, ni des culminations de la lune, ni des saisons astronomiques. C'étaient cependant là des lois qu'on croyait assez généralement basées sur de grands chiffres. Il semble dès maintenant que réfuter au moyen de cette masse de faits les plus prétendues lois de concordance entre les séismes et les autres phénomènes naturels avec lesquels on les a mis en relation, constituerait un travail hors de proportion avec la valeur intrinsèque de ces lois, que leurs auteurs, et même les plus consciencieux appuient de quelques centaines de coïncidences seulement, souvent même moins. Je dois cependant faire une exception en faveur des saisons climatériques, car à la très grande rigueur il se pourrait qu'elles aient au moins en certains pays quelque influence sur la production des secousses par suite des pluies qui, apportant aux strates terrestres un puissant élément de désagrégation, en augmenteraient l'instabilité à certaines époques de l'année. Je ne crois pas cette cause adéquate à l'effet supposé, mais cette opinion étant acceptée par de bons esprits mérite d'être renversée par des chiffres.

Quoi qu'il en soit, il est élémentaire de chercher la cause des séismes là même où ils se produisent, dans le sol et non ailleurs. Il semble du reste que la profondeur à laquelle ils prennent naissance n'est pas très considérable : ce sont des phénomènes superficiels, au moins relativement. A mon avis on ne peut guère opposer à cette opinion les calculs de profondeur basés sur la méthode de Mallet ou d'autres analogues par suite de la trop grande part d'arbitraire qui entre dans la détermination des éléments sur lesquels ils sont fondés. On doit donc supposer que dans une certaine mesure la cause des tremblements de terre est en dépendance avec la

partie extérieure de l'écorce terrestre. Or elle nous est connue par deux de ses éléments : son relief et sa nature géologique. Tremble-t-il également dans les pays de plaines et ceux de montagne, sur les bords de la mer et dans l'intérieur des continents, dans les terrains anciens et les modernes, dans les terrains plutoniques et les sédimentaires, etc..., voici les questions qui, une fois résolues, si elles ne mènent pas à la connaissance des causes cherchées, du moins constitueront un décisif pas en avant vers ce but. Il faut donc tout d'abord déterminer la *sismicité*, si je puis m'exprimer ainsi, de toutes les régions du globe, c'est-à-dire pour chacune d'elles la fréquence et l'intensité des séismes. Puis viendra la recherche méthodique de l'influence du relief et des caractères géologiques.

Le problème ainsi limité n'en est pas moins fort complexe. Les documents sismiques sont très incomplets, aussi bien dans le temps que dans l'espace. Ceux relatés par les périodiques sont fréquemment sujets à caution, et la presse scientifique tend malheureusement à les négliger depuis quelques années, car si les météorologistes n'en veulent plus, ce en quoi ils ont parfaitement raison, les géologues n'en tiennent encore guère compte. Les sismologues sont donc réduits à leurs propres forces, et comme ils sont peu nombreux, sauf dans les quelques pays où ils se sont organisés d'une manière autonome (Indes néerlandaises, Italie, Japon, Mexique, Philippines, Suisse), il s'ensuit que les catalogues sismiques se forment plus difficilement qu'il y a une vingtaine d'années

En outre, les causes d'erreurs fourmillent. Le plus souvent les relations ne font mention que de la ville importante située dans l'aire ébranlée, alors qu'elle n'est nullement le centre du phénomène. C'est ainsi que Nice et Alger ont le monopole des tremblements de terre des Alpes-Maritimes et de la Mitidja. Un exemple frappant

se rapporte à Mexico, ville qui passe pour très sujette aux secousses. Une étude attentive de la question prouve que s'il y tremble souvent, c'est qu'elle est voisine d'une région de haute sismicité, mais placée en dehors du plateau de l'Anahuac, sur lequel elle est située, et qui jouit lui au contraire d'une grande stabilité. Les très nombreuses secousses relatées à Mexico viennent presque toutes du versant méridional de la chaîne et de la vallée d'Oaxaca. Or, ce qui importe dans cette recherche c'est le centre d'ébranlement, et non la plus ou moins grande surface mise en mouvement, circonstance secondaire, et n'ayant de relation qu'avec l'intensité du choc et sa propagation plus ou moins facile dans les diverses directions. Bien rarement on connaît le centre des secousses étendues, aussi, et comme elles sont relativement très peu nombreuses, je me suis décidé à ne tenir compte que des chocs qui n'affectent que de faibles surfaces. Il est à supposer que le nombre des faits connus est assez grand, sinon pour faire disparaître, du moins pour atténuer notablement la cause d'erreur signalée plus haut, à savoir l'accaparement des séismes par les grands centres habités. La détermination des régions sismiques en deviendra un peu plus délicate, surtout sur leurs bords.

Même en Europe les régions à tremblements de terre sont très inégalement connues. Par exemple Barbiani ayant observé soigneusement toutes les secousses ressenties à Zante, depuis 1825 jusqu'en 1863, on sait très bien combien il y tremble de fois chaque année en moyenne, tandis que les documents sismiques font presque défaut pour la côte grecque voisine. Le versant espagnol des Pyrénées est aussi mal connu sismiquement que sa contre-partie française l'est bien. Il en est de même pour le littoral algérien relativement au versant continental de la chaîne côtière. Du Maroc, de la Tunisie, et *à fortiori* du Sahara l'on ne sait pas grand

chose de précis. Telles villes, comme Aréquipa, ont été l'objet de longues observations (1810-1846), alors que leurs environs immédiats n'ont presque donné lieu à aucune relation. En Chine, les informations tirées des Annales sont nombreuses, mais elles ne s'appliquent guère qu'aux résidences successives de la cour. Enfin les pays à études systématiques cités antérieurement ne constituent qu'une très faible portion de la surface terrestre, et font tort à leurs voisins. D'ailleurs j'ai montré (*Archives*, nov. 1889) que les secousses instrumentales doivent être l'objet d'une certaine suspicion; d'après les statistiques mêmes il est à craindre que les appareils, trop sensibles et mal placés, n'enregistrent nombre de vibrations terrestres tout à fait indépendantes des véritables séismes.

Les difficultés sont donc nombreuses, et ce ne sera pas trop d'une critique sévère pour les écarter, et faire un classement au moins approché des diverses régions du globe au point de vue sismique par suite de la valeur très inégale des observations faites dans chacune d'elles.

Sans parler des cartes accompagnant les monographies des grands tremblements de terre, ni de celles qui se publient annuellement dans certains pays comme le Japon, l'Italie et les Philippines, la recherche des régions sismiques n'est pas nouvelle. Mallet a donné (*Fourth report upon the facts and theory of earthquake phenomena. — Transactions of the british association for the advancement of seience*, 1858) une mappemonde où des teintes conventionnelles représentent la fréquence et l'intensité relatives des séismes sur toute la surface du globe. Mais outre qu'il n'est pas entré dans le détail, on peut lui reprocher d'avoir surtout opéré par estime. Il est vrai que c'était là tout ce qu'on pouvait tirer des catalogues existant alors. O'Reilly dans sa carte sismique des îles Britanniques (*Transactions of the royal*

Irish Academy, XVIII, xvii, 1884) et dans son catalogue des localités ébranlées en Europe et dans les contrées adjacentes (l. c. xxii, 1886) est tombé dans une autre erreur, celle de signaler tous les lieux, ou du moins un grand nombre de ceux que les relations donnent comme ayant été secoués. C'est faire dépendre la détermination des stations sismiques de la plus ou moins grande somme d'informations publiées sur les tremblements de terre à grande surface d'ébranlement. Ce travail considérable, surtout le second, est ainsi à peu près rendu inutilisable.

Pour établir d'une manière se rapprochant de l'uniformité, au moins dans la limite de ce qu'on peut tirer des documents dont on dispose, des cartes sismiques de détail, puis d'ensemble, ce qui est le premier but à atteindre, il s'agit de définir la « *sismicité* » d'une région déterminée. J'ai tout d'abord songé à la densité et au mode de distribution des points ébranlés. Cela ne donne rien de précis en général à cause des inégalités des observations dans un même pays. L'expérience montre du reste que ce serait là un critérium insuffisant. Ainsi les Pyrénées-Orientales présentent neuf stations assez rapprochées, alors qu'en réalité il y tremble peu, moins même que dans l'ensemble de la France.

La définition suivante est susceptible d'une représentation chiffrée, si elle n'est pas exempte de difficultés, du moins paraît-elle rationnelle et de nature à donner des résultats satisfaisants. Supposons que dans une région bien définie, de surface S, un ou plusieurs observateurs aient pendant p années enregistré n jours de séismes y ayant manifestement leur centre, ou ne dépassant pas ses limites. L'aire $\frac{pS}{n}$ représentera celle pour laquelle il y aura moyennement un jour de tremblement de terre par an. Son inverse sera l'expression de la sismicité. L'intensité n'intervient pas : c'est que cet élément est

très difficile à apprécier, qu'il est accessoire quant à la recherche des causes, et que variant le plus souvent dans le même sens que la fréquence il ferait pour ainsi dire double emploi. J'ai légitimé ailleurs (*Archives*, mai 1891) le choix du jour de tremblement au lieu du choc simple. Pour le défendre il suffit de dire que si pour les pluies on ne possédait pas l'udiomètre, on obtiendrait cependant une représentation supportable de leur répartition à la surface du globe au moyen du nombre de jours de pluies en chaque station.

En chaque région particulière la valeur intrinsèque de $\frac{pS}{n}$ croît avec p.

Certains points ont été quelquefois le siège de très nombreuses secousses pendant des jours, des mois et même des années; puis les choses reprennent leur cours normal; j'ai considéré ces phénomènes comme devant être écartés dans l'estimation de n, malgré l'indétermination qui se présente de savoir où commence un paroxysme exceptionnel, et de nature à fausser les résultats. En de semblables recherches il est tout à fait impossible de s'affranchir de tout arbitraire.

Pour l'Europe, l'Amérique du Nord en presque totalité, celle du Sud tout le long du Pacifique, une notable partie de l'Asie moins le centre de la Chine, l'Algérie en Afrique, l'Insulide, les Philippines et la Nouvelle-Zélande en Océanie, les grands catalogues généraux de Van Hoff, Mallet, Perrey et Fuchs, et pour de nombreuses régions particulières des catalogues spéciaux, permettent d'assez bonnes déterminations du nombre annuel moyen de séismes, $\frac{n}{p}$, grâce en beaucoup de cas à des observations suivies, suffisamment prolongées et consciencieuses.

Ce n'est point une idée *à priori* qui fait espérer trouver

la caractéristique propre des régions à forte sismicité dans une certaine alliance de conditions géographiques et géologiques à préciser ultérieurement. On a souvent fait des remarques intéressantes au sujet de ces conditions. Par exemple en Amérique un relief abrupt semble la règle; toute la chaîne des Andes du cap Horn aux Aléoutes est ici ou là en perpétuel mouvement, tandis qu'au contraire sur le versant atlantique la stabilité est grande, sauf là où se dressent les massifs importants du Vénézuéla, du plateau mexicain et des Alleghanys. Au Yucatan comme dans les llanos de la République argentine et de la Patagonie, et dans l'immense bassin du Marañon, les chocs terrestres sont à peu près inconnus. Et il en est de même dans les steppes de la Russie et de la Sibérie sauf le long des grandes chaînes du Caucase, du Masenderan, de l'Alaï et de l'Altaï. Mais en revanche la Hongrie si plate est fréquemment agitée, tandis que le rebord méridional de l'énorme plateau central asiatique, ou Himalaya, l'est fort peu, sauf au Cachemire. Si donc la condition d'un haut relief intervient, elle n'est pas à elle seule caractéristique des régions à tremblements de terre.

On a fait observer qu'en Andalousie et en Italie les régions très faillées sont d'une grande stabilité. Par contre, il est certain que toutes les régions fort disloquées ne sont pas forcément le siège de nombreux séismes.

Si les terrains plutoniques sont assez souvent, surtout les plus modernes, sujets aux secousses, cette règle n'est pas plus générale que les précédentes. Au Mexique, par exemple, les régions de haute sismicité se séparent décidément de ces terrains. Et même si l'on met de côté les chocs nettement liés aux périodes d'activité des volcans, les régions volcaniques elles-mêmes jouissent quelquefois d'une grande stabilité; c'est ce qui se présente pour les environs des volcans éteints de l'Hérault et de l'Au-

vergne, et de ceux encore actifs du Kamtschatka et de l'Alaska.

Qu'il suffise enfin de rappeler la théorie des tremblements de terre dits *orogéniques* de A. Forel, et l'influence que Vélain et d'autres ont attribuée aux ressauts de la section de l'écorce terrestre au-dessus du noyau interne supposé fluide, lesquels se reflètent sur le relief géographique.

En résumé, les caractères géographiques et géologiques n'ont encore donné aucune règle générale permettant de différencier les régions de forte sismicité, et cela probablement faute d'études suffisantes. On peut cependant espérer en déduire du travail entrepris ici, et qui aura pour seconde étape la comparaison des cartes sismiques avec les cartes hypsométriques et géologiques.

Passons aux résultats obtenus pour la France et l'Algérie. Ils sont résumés dans les deux tableaux suivants :

France.

RÉGION	INVERSE de la sismicité $\frac{ps}{n}$ exprimé en kilomètres carrés
Alpes-Maritimes	313
Hautes et Basses-Pyrénées	4.990
Provence, Hautes et Basses-Alpes	5.782
Savoie et Dauphiné	10.716
Drôme et Vaucluse	11.614
Alsace	13.150
Vosges et Jura	18.504
Chaîne des Puys d'Auvergne	20.560
Basse-Loire et Vendée	24.598
France (prise dans son ensemble)	35.476
Côte de la Manche	43.368
Corse	159.036 (?)

Algérie.

RÉGION	INVERSE de la sismicité $\frac{ps}{n}$ exprimé en kilomètres carrés
Littoral de Tenès à Cherchell	1.915
Mitidja (La)	2.492
Aumale et massif de la Dihra	7.914
Versant maritime de l'Atlas d'Oran à Bône	8.111
Littoral d'Oran au massif de la Dahra	8.581
Algérie (prise dans son ensemble d'Oran à Biskra et Bône)	9,819
Constantine	10.182
Kabylie	11.330
Versant méridional de l'Atlas d'Orléansville à Aïn-Beïda	15 628
Orléansville, ou bassin moyen du Chéliff	19.360
Batna et massif de l'Aurès	58.245

Pour la France, les régions sismiques et les chiffres correspondants peuvent être considérés comme à peu près définitifs, sauf pour la Corse. Ils résultent de cinquante années d'informations suivies, dues à Alexis Perrey, de 1843 à 1871, puis à Fuchs (W.), Detaille et moi-même jusqu'à 1891. Quant à l'Algérie, surtout à l'intérieur, les chiffres de sismicité seront à augmenter légèrement par des observations ultérieures, mais il est probable que l'ordre des régions ne changera point.

France (Pl. IX). — La région des Alpes-Maritimes tient la tête de très loin, mais elle fait partie d'une région plus étendue qu'on peut appeler Ligurienne; elle n'appartient donc pas réellement à la France. Dès lors ce sont les Pyrénées occidentales qui l'emportent. Puis vient le grand territoire entre Alpes et Rhône, dont l'inverse de sismicité passant du simple au double en ses trois subdivisions (Provence, Hautes et Basses-Alpes, 5.782 kilomètres carrés; Savoie et Dauphiné, 10.716 kilomètres carrés; Drôme et Vaucluse, 11.614) reste encore assez élevé surtout pour la première. C'est là une portion du

grand massif alpin qui forme avec ses abords une des régions sismiques les plus importantes de l'Europe, mais avec de nombreuses subdivisions où la fréquence des séismes est loin de rester uniforme. On notera la très faible sismicité de la chaîne des puys d'Auvergne, 20.560 kilomètres carrés. Autour de Douai s'observe un petit îlot où d'assez fréquentes secousses, mais très locales, ont été signalées. La présence du terrain houiller et les circonstances mêmes dont elles sont accompagnées fait supposer qu'il ne s'agit là que de chocs très particuliers dus à des phénomènes spéciaux, et qui n'ont peut-être rien de réellement sismique, tels que tassements par suite de combustions lentes, affaissements de galeries abandonnées, explosions de grisou (?), etc. Des faits analogues ont été signalés dans les exploitations houillères de la Westphalie. Un assez grand nombre de secousses affectent en même temps les côtes anglaises et françaises de la Manche; cette mer semble ainsi constituer un centre sismique relativement bien déterminé; aussi n'est-il pas étonnant que ses côtes soient représentées par des chiffres voisins : 41.590 kilomètres carrés pour l'Angleterre et 43.368 pour la France. C'est là une importante vérification de la méthode puisque les deux régions sont très semblables au point de vue géologique, et que d'autre part les secousses communes étant à grande aire sont en somme assez rares par rapport à celles qui n'affectent que l'une ou l'autre côte, de sorte que la presque égalité de leurs sismicités ne résulte pas d'une communauté d'éléments de calculs.

Algérie (Pl. X). — Aux documents précédemment indiqués se sont ajoutés ceux des météorologistes de la colonie. La chaîne de l'Atlas a servi de trait de séparation entre les régions; cette règle que je suivrai dans tous les pays est naturelle, puisqu'il s'agit de chercher l'influence du

relief et qu'en général les deux versants d'une même chaîne ne présentent pas des sismicités ni des reliefs identiques. Le littoral de Tenès à Cherchell vient en tête, suivi de près par la Mitidja. La sismicité de tout le littoral d'Oran à Bône est comprise entre celle de la région d'Aumale et du massif de la Dihra d'une part, et celle du littoral d'Oran à Bône. Il serait intéressant de savoir si le chiffre moyen 8.202 kilomètres carrés ne conviendrait pas à tout le littoral barbaresque du Maroc à la Tunisie; malheureusement l'état actuel des documents ne permet pas de le dire. Les régions de Constantine et de la Kabylie ont à peu près les mêmes sismicités. Puis viennent le bassin moyen du Chéliff et très loin les abords du massif de l'Aurès. La sismicité générale du littoral est à peu près le double de celle du versant intérieur de l'Atlas.

Il ne faut pas oublier que sur les deux cartes ci-jointes les limites des régions sismiques sont quelque peu arbitraires; on doit savoir se contenter de ce qu'on peut tirer des documents, et ne pas croire à une précision que le sujet ne comporte point.

Paris, le 30 avril 1892.

Observation. — Les chiffres de jours de tremblements indiqués aux différents noms de localités se rapportent seulement aux cas où les relations ne comportent que ces localités seules. Ils n'indiquent donc point les chiffres véritables sur lesquels sont basés les calculs de sismicité.

NOTE

SUR DEUX

PROCÉDÉS DIRECTS POUR LA FABRICATION DE L'ACIER SUR SOLE AUX ÉTATS-UNIS

Par M. ED. DE BILLY, Ingénieur des mines.

Je me propose, dans cette note, de décrire deux procédés de traitement des minerais de fer, que j'ai eu l'occasion de voir appliquer à Pittsburg, au mois de janvier 1891 : le procédé Eames, exploité depuis plusieurs années avec succès par la *Carbon Iron Company*, et le procédé Adams-Blair, propriété de la *Steel and Iron Improvement Company*, qu'on expérimentait aux *Black Diamond Works*, usines de MM. Park brothers et C°. Ces deux méthodes de traitement rentrent dans la catégorie des *procédés directs*, qui se proposent de transformer directement le minerai en fer et en acier, sans passer par l'intermédiaire du haut fourneau; ou du moins de transformer directement le minerai en un produit capable d'être chargé dans le four de fusion de l'acier, à la place des riblons dont le prix s'est sensiblement élevé dans ces dernières années. L'emploi de pareils procédés aurait deux avantages : économie d'argent, si l'on parvenait à remplacer les riblons par un produit moins coûteux (les vieux rails et les scraps d'acier valaient à Pittsburg, au mois d'octobre 1890, $ 21,50 la tonne de 1.016^{kg}); et surtout économie de temps, si par l'addition dans le bain de fonte de minerai réduit, à haute température, on pouvait diminuer la durée de l'opération du temps nécessaire à la fusion des riblons.

A l'exception du procédé Husgafvel, appliqué encore aujourd'hui d'une façon courante dans la région du lac Champlain, les autres procédés directs essayés aux États-Unis avaient complètement échoué : l'augmentation de la main-d'œuvre, et les pertes considérables de fer, compensaient, et au delà, l'économie qu'on cherchait à réaliser en évitant l'intermédiaire du haut fourneau. Il n'est donc pas sans intérêt de voir deux nouveaux procédés s'établir à Pittsburg même ; l'un, avec un succès consacré par plusieurs années d'exploitation ; et l'autre, avec de sérieuses chances de réussite.

I. — PROCÉDÉ EAMES.

Le procédé Eames, désigné aussi sous le nom de *procédé de la Carbon Iron Company*, réalise complètement le double but que j'indiquais tout à l'heure ; il permet en effet d'obtenir soit des barres de fer très pur, qui rivalisent, pour la fabrication de l'acier au creuset, avec les meilleurs fers de Suède, soit des massiaux destinés à être chargés chauds, au sortir du *squeezer*, sur la sole du four Martin.

Le principe de l'opération consiste à réduire le minerai par le charbon, sur la sole d'un four à réverbère, où la température atteint, sans la dépasser, celle des fours à puddler. Le fer réduit est réuni en loupes, vers la fin de l'opération ; et ce sont ces loupes débarrassées de la scorie par leur passage au *squeezer*, qui sont chargées au four Martin ou passées au laminoir.

Matières premières. — On traite dans le procédé Eames du minerai de fer par du charbon, sous la forme de graphite ou de coke. Ce sont les seules matières employées.

Le minerai de fer doit être à haute teneur en fer, à basse teneur en silice. Car il faut que toute la silice soit

éliminée pendant le traitement au four de réduction, ou dans le four Martin, sous forme de scorie, c'est-à-dire de silicate de protoxyde de fer. Dès que la teneur en silice augmente, les pertes en fer deviennent trop considérables, et le procédé est inapplicable. On n'a jamais traité de minerai tenant plus de 6 p. 100 de SiO^2. 5 p. 100 peut être considéré comme un chiffre moyen.

Les minerais traités à Pittsburg sont presque exclusivement des minerais du lac Supérieur. On en a traité de diverses sortes. C'est avec du minerai à 67 p. 100 que l'on a obtenu les meilleurs résultats. Pendant longtemps on s'en est tenu à un minerai à 62 p. 100 (*Minnesota Y*), dont la composition moyenne était :

Fe	62,16	p. 100.
SiO^2	5,54	—
Ph.	0,063	—

Vers la fin de 1890, et le début de 1891, on employait un mélange par parties égales de magnétite dure et d'hématite tendre, donnant une mixture à 65 p. 100 de fer, et dont la teneur en silice variait entre 5 et 6 p. 100.

Comme matière réductrice, on employait au début du graphite provenant de Cranston, près de Providence (Rhode Island). Cette substance, qui participe des propriétés du graphite et de l'anthracite, a pour composition :

Graphite	78,00	p. 100.
Matières volatiles	2,60	—
Silice	15,06	—
Phosphore	0,045	—

La substitution au charbon de bois du graphite de Cranston, qui brûle avec une grande difficulté, constitua un progrès sensible, en diminuant le déchet et la consommation de combustible. L'un des plus graves inconvénients des procédés directs résulte en effet de la tendance qu'a le minerai réduit à se réoxyder à l'air; dans le refroidissement des éponges ferreuses ou des

loupes hors de l'appareil de réduction et dans les transports, une partie du fer s'oxyde et est ainsi perdue pour la suite du traitement. Et dans le réverbère même, où l'atmosphère est si difficilement réductrice, la scorification du fer est difficile à prévenir. Par l'emploi de substances difficilement oxydables, la réduction du minerai est, il est vrai, ralentie. Mais aux températures où l'on opère elle s'achève toujours d'une manière très satisfaisante; et le graphite qui subsiste dans le bain, après la fin de l'opération, et dans les loupes, protège le fer réduit contre la réoxydation.

On a depuis quelque temps renoncé à l'emploi du graphite, et on emploie actuellement deux agents réducteurs : du coke, ou, si on veut un produit absolument pur, du carbone provenant de la combustion incomplète du gaz naturel. On soumet ces substances, avant de les mélanger au minerai, à une préparation spéciale, qui consiste à les laver à l'eau de chaux, de façon à les recouvrir d'un enduit protecteur et de les empêcher de brûler trop rapidement. Le coke ainsi rendu moins combustible porte le nom de *retarded coke*.

La raison de cette substitution est d'ordre purement pratique. Avant de charger dans le four les matières premières, il faut les broyer et les mélanger, de façon à obtenir une masse homogène, et à multiplier les contacts entre le minerai et le réducteur. Le broyage constitue l'une des parties les plus coûteuses de l'opération. Or lorsqu'on employait comme agent réducteur le graphite de Cranston, il fallait, en raison même de son faible pouvoir réducteur, broyer extrêmement fin et faire passer le minerai et le graphite à travers des tamis ayant seize mailles au pouce. Avec le coke, même protégé contre une oxydation trop rapide par le lavage à l'eau de chaux, on peut s'en tenir à une grosseur moyenne de quatre mailles au pouce (mailles de 6^{mm} de côté). D'autre part, la pré-

paration à l'eau de chaux suffit amplement à prévenir l'oxydation et la scorification du fer réduit.

Le minerai est concassé, puis broyé sous des meules. Le coke subit à part les mêmes opérations. Puis les deux substances sont traitées ensemble sous des meules qui les triturent et les mélangent intimement, tout en augmentant la finesse du broyage. Au cours de cette opération, on ajoute de l'eau, de façon que le mélange forme une pâte suffisamment consistante pour être moulée à la main. Cette opération terminée, on porte le mélange auprès des fours, prêt à être chargé.

Le mélange se compose de 1 tonne de minerai (2 240 lbs = 1.016^{kg}), contre 550 lbs (250^{kg}) de coke ou de graphite : soit donc une proportion de 4 parties de minerai pour 1 partie de charbon.

La proportion de carbone ainsi employée est inférieure à celle qui correspondrait à la réaction :



$$Fe^2O^3 + 3\,C = 2\,Fe + 3\,CO.$$

La réduction du minerai s'effectue donc avec production partielle d'acide carbonique.

Four de réduction. — Le four (*fig.* 5 à 7, Pl. XI) se compose d'une longue sole rectangulaire de $4^m,80 \times 1^m,35$, recouverte d'une voûte légèrement surbaissée. A chaque extrémité du four est un foyer à gaz naturel; les gaz de la combustion sont évacués par une cheminée centrale. Comme l'indique la *fig.* 6, chaque massif se compose de deux fours; le travail est conduit à trois postes, les fours occupent deux ouvriers par poste.

La hauteur de la voûte au-dessus de la sole est en moyenne de $0^m,45$. Cette sole se compose d'une couche de graphite, mélangé de poussier de coke, et aggloméré avec du minerai, épaisse de 10 à 15 centimètres, et reposant sur des plaques de fonte. La confection de cette sole présente quelques particularités intéressantes :

On charge sur les plaques de fonte une couche de blocs de graphite de Cranston, d'une épaisseur moyenne de $0^m,30$, et on remplit les joints de minerai finement pulvérisé. Le tout est recouvert d'une couche de graphite menu, dont l'épaisseur varie de $0^m,10$ au centre à $0^m,15$ sur les côtés. Après un léger coup de feu, on charge une couche de minerai broyé, de 2 à 3 centimètres d'épaisseur; puis on porte graduellement la température au blanc (1.370° C.), et on la maintient à ce point durant quatre à cinq heures, en damant la sole vigoureusement.

Conduite de l'opération. — La charge, qui se compose de 1.250 kilogrammes de mélange, est étendue sur la sole, où elle occupe une épaisseur d'environ 10 centimètres. On ferme les portes, on les lute pour empêcher l'accès de l'air, et on règle la combustion de façon qu'à l'intérieur du four l'atmosphère soit réductrice. Au bout de vingt minutes, la charge a diminué de hauteur, et n'a plus que 5 centimètres d'épaisseur; il s'en échappe des flammes bleues d'oxyde de carbone. La température du four est alors voisine du rouge naissant (environ 540° C.). Au bout d'une heure, la charge est réduite au tiers de sa hauteur primitive, et l'on voit des parcelles de fer métallique apparaître à la surface du bain. Après une heure et demie, on ouvre les portes, et on commence à réunir le fer en loupes.

L'opération est alors terminée de deux manières différentes, suivant qu'on se propose de charger directement les loupes au four Martin, ou qu'on veut les passer au squeezer, pour en faire des blooms ou du fer brut.

Dans le premier cas, la température, maintenue à 540° C. au début de l'opération, est portée au rouge orange, soit environ 800° C. au maximum, au moment où la réduction est achevée et où commence le travail des puddleurs. Et durant tout le temps de ce travail, qui est conduit très

rapidement, puisqu'il ne dure pas plus d'une demi-heure, on s'attache à ne pas dépasser cette température. Dans ces conditions, la flamme est très peu oxydante, et il ne s'oxyde qu'une faible proportion de fer. La scorie produite est peu basique; grâce aux éléments terreux qui y dominent, provenant de la gangue, elle est peu fluide à cette température. Elle reste donc mécaniquement retenue dans les loupes, qui tiennent, au sortir du four, au minimum 18 p. 100 de matières étrangères. Ces loupes sont directement chargées dans le four Martin, où se trouve un bain de fonte en fusion. C'est là que s'effectue la séparation de la scorie, grâce à la température plus élevée du four, et à une oxydation partielle du métal, favorables à la production d'une scorie fluide.

Lorsqu'il s'agit au contraire de fabriquer du fer fin, dont on puisse se servir pour la fabrication de l'acier au creuset, on cherche surtout à réaliser une séparation complète de la scorie, et une déphosphoration aussi parfaite que possible. Ces deux desiderata s'obtiennent aisément, ici comme au four à puddler, mais au prix d'un déchet considérable.

Il faut en effet élever la température du bain, au moment de la confection des loupes, non pas au rouge orange, mais au blanc soudant; à cette température, la scorie est plus fluide, et se sépare aisément du métal; d'autant que le temps plus long mis à confectionner les loupes — une heure environ, au lieu d'une demi-heure — et les conditions plus oxydantes de l'allure du four permettent à une plus grande proportion de fer de s'oxyder, rendant ainsi la scorie plus basique, partant déphosphorante. Tandis que dans l'allure précédemment décrite la scorie restait mécaniquement retenue dans les loupes, elle se sépare au contraire à l'intérieur du four; et chaque opération en produit 140 à 180 kilogrammes, qu'on coule après avoir enlevé la dernière loupe. Le

poids des loupes varie habituellement de 50 à 70 kilogrammes. Au sortir du four, elles sont portées au squeezer, et de là au laminoir. Les barres de fer brut ainsi produites sont cisaillées, et, par un paquetage, un réchauffage, et un second laminage, on obtient du fer fin d'excellente qualité.

En résumé, l'opération dure en tout 2 heures et demie, si les loupes doivent être portées au four Martin-Siemens, et 3 heures si on doit les passer au cinglage. Les réparations de la sole, entre deux opérations, ne durent guère plus de 20 minutes. On compte que en 10 heures, les fours reçoivent en général trois charges.

De fait, la première méthode est actuellement abandonnée à la Carbon Iron Company. On l'a pratiquée au début : au sortir du four de réduction, les loupes chaudes étaient chargées dans un four Martin de 15 tonnes, où l'on avait préalablement coulé de la fonte à l'état liquide, provenant d'un cubilot de deuxième fusion, correspondant au tiers de la charge totale du four. L'introduction de ces matières occasionnait la production d'une abondante scorie. Aussitôt le bain en ébullition, on coulait une partie de cette scorie, environ 680 kilogrammes par opération. A partir de ce moment, la conduite de l'opération n'offrait plus aucune particularité. Mais, grâce à l'emploi du minerai réduit, chargé à la haute température du four de réduction, et de fonte liquide, on était parvenu à réduire à 4 heures, d'une manière courante, la durée d'une opération dans un four Martin de 15 tonnes, sans nuire aucunement, assure-t-on, à la bonne qualité des produits.

On a dû renoncer à cette pratique, depuis quelque temps. Les fours de réduction, installés d'abord dans un but expérimental, forment une batterie, aujourd'hui considérable (*), éloignée de l'aciérie. Les transports étaient donc

(*) L'usine possédait, en janvier 1891, seize fours de réduction et deux fours Martin de 15 tonnes.

incommodes, et exposaient les loupes à une réoxydation, pouvant occasionner un déchet considérable. On y a donc renoncé. Et l'opération, au four de réduction, se termine toujours au blanc soudant : puis les loupes sont cinglées au squeezer, et transformés en massiaux de $15^{cm} \times 15^{cm} \times 50^{cm}$. Mais tandis qu'une partie de ces massiaux est immédiatement traitée au laminoir, comme il a été expliqué plus haut, le reste est employé, après refroidissement, à la fabrication de l'acier, et chargé, au four Martin, en guise de riblons. Si l'on y perd la chaleur sensible des loupes, et l'économie de temps, résultant de l'emploi de matières chaudes, on y gagne de pouvoir déphosphorer le minerai, et de charger sur la sole acide des fours des matières parfaitement pures.

Résultats du traitement. — On réalise au four de réduction, lorsqu'on conduit convenablement l'opération, une déphosphoration très satisfaisante. Avec du minerai tenant 0,063 p. 100 de phosphore, on obtient couramment du fer brut à moins de 0,015 p. 100. Après un second laminage on obtient du fer à 0,010 p. 100. Voici d'ailleurs l'analyse moyenne du métal produit.

	Massiaux.	Fer en barres après 2 laminages.
Ph	0,018 p. 100.	0,010 p. 100.
S.	0,020 —	0,010 —
C.	0,05 —	0,050 —

La scorie a une teneur en silice qui varie de 24 à 30 p. 100. La teneur en fer variait de 30 à 50 p. 100 avec du minerai à 62 p. 100. Avec le minerai à 65 p. 100, on a pu l'abaisser au-dessous de 30 p. 100, et atteindre même le minimum de 20 p. 100.

On voit que les pertes de fer sont considérables, et qu'avec des minerais de teneur moyenne le procédé Eames serait absolument inapplicable. L'évaluation exacte de ces pertes est d'ailleurs chose difficile, car les éléments

d'information ne sont pas aussi nombreux qu'on pourrait le désirer.

Les chiffres donnés plus haut, indiquant une production, à l'intérieur du four, de 140 à 180 kilogrammes de scorie, tenant 30 p. 100 de fer par charge de 1.000 kilogrammes de minerai à 65 p. 100, montrent, que sur la totalité du fer chargé au four, il s'en perd 7 à 8 p. 100 du chargement au cinglage. Mais cette opération elle-même élimine une forte proportion de fer, à l'état de scorie. On doit donc admettre que la perte de fer n'est pas inférieure à 10 p. 100. Et si on réfléchit que cette proportion de fer doit scorifier non-seulement la silice du minerai, soit 50 à 60 kilogrammes par charge, mais encore celle du coke, on voit que, même avec un minerai aussi riche, le chiffre de 10 p. 100 est un strict minimum.

M. Howe donne, dans son ouvrage sur la métallurgie de l'acier, les renseignements suivants sur le rendement du procédé Eames, résultant d'une série de 150 opérations. Avec du minerai à 62 p. 100, une tonne de minerai rendait :

En loupes.	665k,				
En massiaux	500k,	soit une perte	en fer	de 20	p. 100.
En billettes ($10^{cm} \times 10^{cm} \times 60^{cm}$)	450k,	—	—	27	—
En fer en barres ($87^{mm} \times 21^{mm}$)	425k,	—	—	31	—

D'après les renseignements que m'a fournis M. Lash, directeur de la Carbon Iron Company, le rendement aurait été sensiblement amélioré depuis lors. Le déchet si considérable que signale M. Howe provenait en partie de ce que le travail se terminait à trop basse température, et de ce qu'il se séparait de la loupe, avec la scorie durant le cinglage, des parcelles de fer non soudé. Par l'emploi de minerais plus riches et de températures plus élevées, on a sensiblement amélioré les conditions du travail. Et la production de massiaux, déclare M. Lash, correspond aujourd'hui à une perte voisine de 10 p. 100.

Mais ce n'est pas la seule perte qu'il y ait à considérer. Les massiaux ainsi produits sont chargés au four Martin ; et le déchet, dans la fabrication de l'acier, n'est guère inférieure à 7 p. 100. Dans la suite des opérations, du minerai au lingot d'acier, la proportion de fer perdue, dans le procédé Eames, n'est donc guère inférieure à 15 p. 100.

Ce chiffre de 15 p. 100 correspond également au déchet de fabrication dans l'ancien procédé, qui consistait à charger directement les loupes chaudes au four Martin. Telle est du moins la conclusion de M. Howe ; il ne semble pas que la fabrication courante ait jamais donné mieux. On chargeait alors sur 100 parties de métal, 50 parties de fonte, et 10 de scraps ; le reste était fourni par les loupes de réduction.

Dans un four de 1 tonne, construit dans un but expérimental à la Carbon Iron Company, on est parvenu à améliorer le rendement. La charge se composait de 1.000 lbs (*) de fonte et de 2.000 lbs de loupes, correspondant à 2.890 lbs de minerai à 62 p. 100 tenant 1.791,8 lbs de fer métallique. Le déchet total, dans la production de l'acier, s'élevait à 17 p. 100 du poids du métal chargé. En admettant une perte de 7 p. 100 sur le poids de la fonte, il en résultait que les loupes contribuaient à la production de l'acier pour un poids de 1.560 lbs. La perte, correspondant au procédé direct, s'élevait donc à $\frac{1791,8 - 1560}{1791,8} = 12,9$ p. 100. Mais je ne sache pas qu'on ait jamais réalisé un aussi bon résultat dans la pratique courante.

En résumé, si l'on compare ces rendements au rendement du traitement complexe au haut fourneau et au four Martin, où la perte totale ne dépasse pas 10 p. 100, on

(*) 1 lb = 453 grammes.

voit que le procédé Eames, avec des minerais variant de 62 p. 100 à 65 p. 100, conduit à un déchet supérieur, de près de moitié. En revanche, on trouve un déchet sensiblement égal si on compare le procédé Eames au traitement complexe au haut fourneau et au four à puddler, appliqué aux États-Unis pour la fabrication de massiaux qui sont d'un emploi courant pour la fabrication d'acier pur sur sole.

D'autre part, à Pittsburg du moins, il y a une économie notable sur le prix de revient.

On a vu que, pour obtenir une tonne de massiaux de cinglage il fallait environ 1.660 kilogrammes de minerai, et 413 kilogrammes de coke. Le minerai vaut à Pittsburg, $ 6 à $ 7 la tonne. Le coke valait, avant 1891, $ 1,75 la tonne à Pittsburg.

La production d'une tonne de massiaux correspond d'ailleurs à 1,09 journée d'ouvriers ; Or la journée d'un puddleur vaut à Pittsburg $ 3,00 en moyenne.

Les dépenses précédentes correspondent donc à un total d'environ $ 12,50 à $ 13,00. A cela il faut ajouter les frais de broyage, la force motrice et la main-d'œuvre employées au cinglage, et les frais généraux. Sur ces divers articles je n'ai pu obtenir de renseignements absolument précis. Mais on peut évaluer à $ 23,00, à $ 0,50 près, le prix de revient de la tonne de massiaux.

Or à Pittsburg le prix des vieux rails était en 1890 de $ 21,50. Mais ce n'est pas à ces matériaux de qualité inférieure qu'il faut comparer les produits du procédé Eames ; mais bien aux matières pures, blooms de puddlage, etc., qui servent à la fabrication sur sole des aciers de bonne qualité. Or à Pittsburg le prix de revient de ces matériaux n'est pas inférieur à $ 30 ou $ 31,00.

Résumé et conclusions. — Ainsi, plusieurs années de succès, et de fabrication active, ont établi que le procédé

Eames pouvait donner des produits rivalisant avec avantage : avec les fers de Suède, d'une part, pour la fabrication de l'acier au creuset, et d'autre part avec les scraps purs employés à la fabrication sur sole d'aciers de qualité supérieure. La fabrication directe de l'acier sur sole, au moyen de loupes chargées chaudes, au sortir du four de réduction, dans un bain de fonte liquide, a, paraît-il fonctionné quelques temps avec succès. On y a renoncé, pour des raisons tirées, m'a t-on dit, de l'aménagement de l'usine. Peut-être pourrait-on s'expliquer aussi ce changement de méthode par ce fait, que dans l'ancienne méthode la déphosphoration était impossible, et que la Carbon Iron Company s'est exclusivement consacrée à la fabrication de produits de qualité supérieure, trouvant sans doute que c'est dans cette fabrication que son procédé donne les meilleurs résultats économiques.

En effet, on a vu que les pertes sont élevées. D'autre part, le four à réverbère, par son faible rendement calorifique, est fort inférieur au haut fourneau. Cette infériorité est compensée par ce fait que la température y est moins élevée et qu'on y consomme moins de chaleur à des opérations étrangères à la réduction du minerai. Néanmoins, et malgré l'emploi de réducteurs spéciaux, il ne semble pas que ces considérations suffisent à faire pencher la balance en faveur du procédé Eames, au point de vue de la fabrication de l'acier sur sole, lorsqu'il s'agit de produits courants. L'avantage paraît certain, au contraire, lorsque l'on compare ce procédé à la fabrication sur sole de produits spéciaux au moyen de matières pures provenant d'opérations coûteuses, telles que le puddlage et le cinglage, qui occasionnent des pertes de fer et des dépenses considérables de force motrice et de main-d'œuvre. Aussi peut-on prédire pour la fabrication des aciers supérieurs un avenir assuré au procédé de la Carbon Iron Company, caractérisé par l'emploi de mine-

rais riches et de réducteurs spéciaux, et favorisé par l'emploi d'un combustible aussi économique que le gaz naturel à Pittsburg.

II. — Procédé Adams.

Dans le procédé Adams, que son inventeur intitule : *Ore and pig open hearth process*, par opposition au procédé désigné sous le nom de *pig and ore* (procédé au minerai), on se propose de passer au four Martin une charge composée pour la plus grande partie de minerai réduit, sous forme d'éponge ferreuse. Tandis que dans le procédé au minerai (*pig and ore*) la portion de minerai ne peut guère dépasser 20 p. 100, M. Adams se fait fort de réduire la proportion de fonte à un tiers de la charge et même moins.

Le procédé Adams rentre dans la catégorie de ceux où l'on évite de dépasser la température strictement nécessaire à la réduction complète du minerai, soit environ 800° C. Ainsidonc, point de scorification, point de fusion de la gangue. Le minerai est simplement transformé en éponge ferreuse; puis, au sortir de l'appareil de réduction, chargé à chaud sur la sole de fusion de l'acier.

Le principal objectif de cette méthode est l'économie de temps qui, en Amérique plus que dans tout autre pays, s'impose aux métallurgistes dans la fabrication de l'acier comme dans celle de la fonte. Faire produire à un appareil le maximum dont il est capable, augmenter en un mot son rendement journalier, tel est le but à atteindre, et on conçoit que les efforts des inventeurs s'appliquent à diminuer les pertes de temps dans la fabrication de l'acier sur sole, où la fusion de la charge dure en moyenne une heure par 2.000 kilogrammes.

Dans le procédé Adams, la réduction s'effectue au moyen de gaz chauffés à la température du rouge vif.

Par ce moyen, on peut utiliser des combustibles peu

coûteux ; d'autre part, on évite l'absorption du soufre, impossible à éviter lorsqu'on emploie comme réducteur le combustible solide, à moins de pousser la température jusqu'au point où se forme un laitier basique qui agit comme désulfurant. D'autre part, au moyen d'une disposition ingénieuse, qui consiste à placer l'appareil de réduction immédiatement au-dessus du four Martin, on évite la réoxydation de l'éponge ferreuse qui, à la température où l'on opère, constitue le principal inconvénient à redouter.

Le procédé Adams a été appliqué pour la première fois à Indianapolis. Le minerai était chargé dans des fours verticaux où l'on faisait circuler des gaz réducteurs. Une fois la réduction achevée, on ouvrait une trappe qui fermait la cuve par sa partie inférieure ; l'éponge ferreuse, ainsi défournée, était saisie par une grue et transportée sur la sole d'un four établi au voisinage de l'appareil de réduction. Ce transport, quoique rapide, occasionnait de telles pertes par réoxydation qu'on dut y renoncer. La nouvelle disposition, brevetée par M. Charles Adams en juillet 1890, et appliquée aux Black Diamond Works, a pour but d'éviter cet inconvénient.

L'appareil de réduction (voir *fig.* 1, 2, 3 et 4, Pl. XI) est établi au-dessus du four, et se compose de quatre cuves entourées d'empilages, construites à l'intérieur d'un massif de maçonnerie blindé de tôle ; il est supporté par des poutres reposant sur des colonnes, de manière à être absolument indépendant du four de fusion de l'acier.

Chacune des quatre cuves forme un appareil distinct indépendant des autres. En avant des empilages sont des carneaux où circulent les gaz. Celui du milieu sert au gaz naturel arrivant à l'appareil ; dans les carneaux latéraux ces gaz, après avoir circulé à travers la charge, sont brûlés par une admission d'air réglée par un registre, et, à travers les parois de briques, échauffent le gaz qui se rend dans la cuve.

Les empilages présentent une disposition assez particulière, consistant en diaphragmes horizontaux établis au milieu des briques ; les gaz, au lieu de s'élever directement à travers la colonne de minerai, traversent la charge, puis reviennent en sens inverse en se répandant au-dessus du diaphragme sous lequel ils circulaient tout à l'heure. Ainsi on réalise un meilleur brassage du gaz avec le minerai ; d'autre part, la circulation à travers les empilages sert à régler la température et à la maintenir constante.

Des registres, établis dans la cheminée, servent à régler l'allure du four. D'autres registres règlent l'accès de l'air dans les chambres de combustion.

Au-dessous des cuves est une grande trémie où tombe la charge, après réduction totale. Sous cette trémie est une courte cheminée, ménagée dans la voûte du four Martin, et fermée par une trappe garnie de briques réfractaires. Une manœuvre des plus simples suffit donc à faire tomber directement la charge de la cuve sur la sole du four.

Au début de la campagne, on sèche à une chaleur modérée les parois du four de réduction ; puis on admet dans le carneau central du gaz et de l'air ; la combustion élève rapidement au rouge la température des empilages et de la cuve. L'appareil est alors prêt à être chargé ; on arrête l'accès du gaz et de l'air dans le carneau central, on jette sur la trappe inférieure quelques pelletées de poussier de coke, de façon à empêcher l'accès de l'air ; puis on introduit la charge, on ferme l'orifice supérieur et on laisse circuler dans le four le gaz réducteur. La combustion de ce gaz, aux dépens de l'oxygène du minerai, suffit à maintenir la température de l'appareil. Dans les carneaux d'évacuation, ces gaz achèvent de brûler, grâce à des introductions d'air.

L'opération est extrêmement simple et facile à con-

duire. Le minerai, chargé en morceaux de la grosseur moyenne de deux poings, est rapidement réduit. Au bout d'une heure et demie, 95 p. 100 de l'oxygène se trouve éliminé. La forme primitive est conservée, et la gangue reste inattaquée : l'éponge ferreuse, ainsi formée, prend au refroidissement une couleur noire, avec un éclat métallique.

On se sert à Pittsburg, comme agent réducteur, du gaz naturel qui rend de si précieux services à la métallurgie de ce pays. Du gaz de gazogène conviendrait également bien. On craignait au début qu'il n'eût l'inconvénient de déposer du carbone dans la masse. L'expérience a démontré, à Indianapolis, que cette crainte était exagérée.

Au-dessous de l'appareil de réduction est installé, aux Black Diamond Works, un four Martin de 8 tonnes, à sole de graphite, ou l'on se propose de continuer la transformation du minerai, et de le convertir en acier. Cette seconde partie de l'opération est encore à l'état expérimental. Des difficultés d'ordre pratique, qui n'ont pas encore été surmontées, empêchent le procédé Adams d'être appliqué d'une manière courante.

L'emploi d'une sole basique s'est imposée dès le début : dans ces conditions, on réussit à déphosphorer le minerai d'une manière très satisfaisante. Le phosphore, après le traitement réducteur, n'a pas été attaqué, et subsiste dans la gangue. Aussitôt après la charge dans le four Martin, cette gangue fond très rapidement, et il se forme en un instant une abondante scorie, qui renferme tout le phosphore du minerai. Sur une sole basique, le phosphore reste dans la scorie ; il suffit donc, pour l'éliminer, de couler la scorie aussitôt qu'elle est suffisamment claire. De fait, à Indianapolis, avec de la fonte à 0,10 p. 100 de Ph, et du minerai à 0,20 p. 100, chargés en proportions égales, on obtenait de l'acier à 0.055 p. 100 de phosphore. Aux Black Diamond Works, on n'emploie

que des matières premières pures. Mais l'élimination du phosphore y est encore notable. Ainsi dans une coulée où la charge tenait 0,0525 de Ph, l'acier produit ne tenait que 0,042 p. 100, soit une élimination de 20 p. 100. Une autre coulée, avec une charge tenant 0,048 p. 100, a donné de l'acier à 0,032 p. 100, soit une déphosphoration de 33.3 p. 100.

La perte de fer s'élevait à 14 p. 100 dans un four de petite dimension. Les inventeurs déclarent que dans des fours de dimensions normales les pertes s'abaissaient à 12 p. 100; il semble que ce chiffre doive être considéré comme un minimum, et qu'on puisse compter sur un déchet compris entre 12 et 15 p. 100.

De quelle façon doit se conduire l'opération? C'est un point sur lequel l'opinion ne semble pas encore complètement arrêtée. Au début, on chargeait la fonte et on la fondait sur la sole du four Martin, pour ajouter ensuite, en une seule fois, tout le minerai réduit. On préfère aujourd'hui une autre méthode, qui consiste à faire deux opérations de réduction : au début, on charge sur la sole le minerai provenant de 4 cuves, et on y ajoute la charge complète de fonte; aussitôt le bain complètement fondu, et la scorie formée et suffisamment claire, on la coule, de façon à n'en pas laisser plus de 10 centimètres au-dessus du bain. Pendant ce temps on a rechargé les 4 cuves, et on les décharge, une à une, dans le bain en fusion. Après une dernière coulée de scorie, on achève le travail et on coule le métal. On réussit à employer avec succès une proportion de 1 de fonte pour 2 de minerai. On espère doubler la proportion de minerai, et atteindre la proportion de 4 de fer réduit pour 1 de fonte.

En tous cas, on évite de réduire complètement le minerai dans les cuves. L'oxygène restant, en faible proportion, sert à activer l'affinage de la fonte, et à brûler le silicium et le carbone qu'elle renferme. Le charbon,

chargé en faibles proportions avec le minerai, se retrouve en partie dans le four Martin, où il sert à réduire partiellement l'oxyde de fer de la scorie, et à diminuer ainsi les pertes.

En résumé, le procédé Adams paraît destiné à triompher des difficultés au milieu desquelles on poursuit aujourd'hui les expériences. Toutes les conditions de succès se trouvent soigneusement réunies dans ce procédé : emploi d'une cuve, favorable à une bonne réduction, emploi d'un réducteur gazeux, récupération satisfaisante de la chaleur, dispositions matérielles permettant d'obtenir une production abondante et d'éviter la réoxydation du métal; enfin, rapidité plus grande de la fabrication de l'acier, d'où une diminution du prix de revient. Dans ces conditions, les inventeurs se font forts de produire du métal de qualité supérieure avec un prix de revient fort inférieur au prix de revient du traitement complexe au haut fourneau et au four Martin, et même au Bessemer.

Ces assertions n'ont pas encore reçu la sanction de la pratique et du succès. Elles sont pourtant assez plausibles, du moins en partie, et je me propose d'exposer, en terminant cette rapide étude, les considérations sur lesquelles les inventeurs se fondent pour établir leur prix de revient.

Le prix de premier établissement d'un appareil réducteur composé de 4 cuves, au-dessus d'un four Martin de 20 tonnes, est compris entre $ 3.000 et $ 5.000. Les réparations, dans un appareil dont la température ne dépasse pas le rouge vif, ne sont pas considérables. On peut donc se fixer un taux de 20 p. 100 pour l'intérêt et l'amortissement, ce qui correspond à moins de $ 0,10 par tonne, le four devant produire en marche normale, à raison de 12 charges par semaine, au minimum 10.000 tonnes d'acier par an.

M. Adams prétend que la dépense supplémentaire de main-d'œuvre doit être nulle. Avec un dispositif aussi simple, les fondeurs pourront, sans peine, outre leur travail habituel, régler l'allure du four de réduction, et faire le chargement et le déchargement. D'autre part, la chaleur sensible de l'éponge ferreuse chargée au rouge sur la sole du four Martin, doit occasionner une diminution des frais de fabrication de l'acier, notamment une diminution de la consommation de combustible. Cette économie doit compenser largement, au dire des inventeurs, la dépense de \$ 0,10 par tonne, correspondant à l'entretien et à l'amortissement du four.

La seule dépense afférente à la transformation du minerai en éponge ferreuse correspondrait donc au combustible consommé comme réducteur. A Pittsburg, cette dépense est insignifiante avec l'emploi du gaz naturel. Il faudra donc, dans l'évaluation du prix de revient, compter le prix de l'unité de fer réduit au même taux que l'unité de fer dans le minerai cru. A Indianapolis, les dépenses de combustible s'élevaient, d'après les renseignements fournis par les inventeurs, au total suivant, par tonne de fer réduit provenant de minerai à 65 p. 100.

Combustible mélangé à la charge.	$0^{t},165$	
— brûlé aux gazogènes.	$0^{t},060$	
Total	$0^{t},225$ à \$ 0,89	\$ 0,20
Main-d'œuvre, réparations		\$ 0,84
Total		\$ 1,04

Sur les hypothèses, relatives à l'absence de main-d'œuvre supplémentaire, et sur les renseignements relatifs à la consommation, presque insignifiante, de combustible, il convient de faire les plus expresses réserves. En admettant ces prémisses, voici comment peut s'établir le prix de revient de la fabrication de l'acier par le procédé Adams.

On compte qu'à Pittsburg que les frais de traitement de l'acier sur sole s'élèvent à $ 8.00 par tonne de lingots. Si le procédé Adams réussit à majorer la production dans le rapport de 2 à 3, ou de 2 à 4, ces frais seront réduits, non proportionnellement à la production, mais dans un certain rapport. Admettons avec les inventeurs du procédé, pour les frais de traitement ainsi réduits, le chiffre de $ 7,50.

Je rappellerai qu'à Pittsburg, antérieurement à la crise de 1890-1891 :

Le minerai de fer se payait à raison de $ 0,12 par centième de fer contenu dans une tonne de minerai.

Les frais de traitement au haut fourneau s'élevaient à $ 7,69 par tonne de fonte.

Les frais du puddlage s'élevaient à $ 11,00 par tonne.

Ceci posé, le prix de revient de l'acier par le procédé direct s'établit de la façon suivante pour une tonne de lingots :

853 lbs de fonte à $ 19,69	$ 7,50
1.707 lbs de fer réduit, fourni par du minerai à 65 p. 100.	$ 9,15
(Total, 2.560 lbs. Perte au traitement, 12,5 p. 100.)	
Frais de traitement	$ 7,50
Total	$ 24,15

Comparons à ce prix de revient hypothétique le prix de revient de la fabrication sur sole, dans trois cas distincts :

1° *Acier de qualité supérieure.*

1t,075 de fonte fine et de riblons purs, à $ 33. (Perte 7 p. 100.)	$ 35,47
Frais de traitement	$ 8,00
Total	$ 43,47

2° *Acier doux de bonne qualité.*

1.204 lbs de fonte à $ 19,69.	$ 10,58
1.204 lbs de riblons à $ 30,69..	$ 16,50
(Total, 2.408 lbs. Perte, 7 p. 100.)	
Frais de traitement	$ 8,00
Total	$ 35,08

3° *Acier ordinaire.*

1.204 lbs de fonte à $ 19,69	$ 10,58
1.204 lbs de riblons à $ 21,50	$ 10,58
Frais de traitement	$ 8,00
Total	$ 30,13

Ces divers prix, on le voit, sont notablement plus élevés que celui qu'indiquent les inventeurs du procédé Adams. Leurs espérances seront-elles réalisées? C'est ce que l'expérience n'a pas encore démontré. Si l'on ne parvient pas, comme ils l'annoncent, à augmenter de moitié la production du four Martin, et à supprimer toute main-d'œuvre auxiliaire, il s'ensuivra une majoration considérable du prix de revient qu'ils annoncent. D'autre part, il paraît impossible que la consommation de combustible, correspondant à l'emploi de gazogène, ne corresponde pas à une dépense d'au moins $ 2,00 par tonne de fer réduit. Les espérances des inventeurs seront donc sans doute déçues, au moins en ce qui concerne l'écart de $ 6,00 entre le prix de revient de l'acier pur par leur procédé, et de l'acier commun par la méthode usuelle.

Le procédé Adams présente cependant, sur le procédé Eames, des avantages sérieux, résultant surtout de la meilleure utilisation du combustible, qui dans un four à réverbère n'a qu'un faible effet utile. D'après M. Howe, on consomme à la Carbon Iron Company, par tonne de massiaux de cinglage tenant 94 p. 100 de fer, plus de 30.000 pieds cubes, soit plus de 1.000 mètres cubes de gaz naturel. On en déduit qu'il faudrait, pour obtenir le même résultat, consommer par tonne de fer réduit, $0^t,788$ de carbone; ce qui, joint à la quantité de carbone employée comme agent réducteur, porte la consommation totale de carbone à 135 parties pour 100 parties de fer réduit. C'est là une dépense considérable, et sans doute, avec un combustible moins économique que le

gaz naturel, le procédé Eames aurait peine à subsister. Il n'en paraît pas être de même avec le procédé Adams, où tout est disposé en vue d'une utilisation complète du pouvoir calorifique du combustible, et de la chaleur sensible de l'éponge ferreuse. Il est donc permis d'espérer, sans être aussi ambitieux que les inventeurs du procédé, que sur la différence de $ 6,00, entre le prix de revient qu'ils se promettent d'obtenir et celui de l'air ordinaire, les frais supplémentaires de main-d'œuvre et de combustible laisseront encore un bénéfice au procédé Adams. D'autre part, les aciers déjà fabriqués par ce procédé, à Indianapolis et à Pittsburg, ont été d'excellente qualité; ce qui permet d'espérer que, même à égalité de prix de revient, l'avantage comme prix de vente resterait au procédé direct. Mais il reste encore à vaincre plusieurs difficultés pratiques pour obtenir une marche régulière. Il faut arriver à bien régler l'allure de l'appareil de réduction sur celle du four Martin, et surtout à se débarrasser rapidement, et sans danger pour les empilages, des quantités considérables de scorie qui se produisent au moment de la charge de minerai réduit. Si les expériences, menées activement depuis deux ans dans ce sens aux Black Diamond Works, aboutissent, leurs résultats montreront sans doute que le procédé Adams, appliqué à des minerais riches, — naturellement ou par concentration — et combiné avec l'emploi de la sole basique, ou neutre, est appelé à rendre des services; et cela particulièrement dans des régions où l'on possède un combustible exceptionnellement économique, comme le gaz naturel; ou dans les régions où le combustible est de mauvaise qualité, et le coke cher, et où l'emploi du gazogène permettra de lutter avantageusement avec le haut fourneau.

BULLETIN

PRODUCTION, EXPORTATION, IMPORTATION ET CONSOMMATION DE LA HOUILLE EN BELGIQUE, EN 1890.

Production. — La production a atteint 20.365.960 tonnes de charbon, d'une valeur globale de 268.503.000 francs. C'est la plus forte extraction annuelle qui ait été faite dans le royaume. Elle dépasse de 495.940 tonnes et de 80.785.000 francs celle de 1889.

Voici comment les diverses provinces minières du pays sont intervenues dans cette production :

	tonnes.	francs.
Hainaut	14.768 520	191 380.000
Namur	541.009	5.926.000
Liège	5.056.431	71.197 000
Ensemble	20.365.960	268.503.000

Le prix moyen de vente a poursuivi sa marche ascendante et est monté à 13f,18, accusant une hausse de 3f,73 sur celui de l'exercice précédent.

Le personnel ouvrier s'est accru de 8.400 individus en 1890 ; il a été de 116.779 travailleurs, se subdivisant comme suit :

	PERSONNEL INTÉRIEUR			PERSONNEL EXTÉRIEUR		
	Hommes	Femmes	Enfants au-dessous de 16 ans	Hommes	Femmes	Enfants au-dessous de 16 ans
Hainaut	53.748	2.935	8.086	13.393	3.072	4.206
Namur	2.120	45	291	564	108	194
Liège	19.447	190	2.176	4.154	1.188	862
Ensemble	75.315	3.170	10.553	18.111	4.368	5.262

Les salaires ont été de 130.413.000 francs, en hausse de 29.450.000 francs sur ceux de 1889. La moyenne, pour les 116.779 ouvriers de l'industrie houillère, a monté à 1.117 francs, au lieu de 932 l'année précédente.

Rendement par ouvrier. — Rapportée au nombre total d'ouvriers, la production de 1890 correspond à un rendement, par tête, de 174 tonnes pour l'année, ou de $0^t,59$ par jour. Pour la période 1881-1890, le rendement annuel moyen a été de 175 tonnes par ouvrier; c'est la moyenne décennale la plus élevée qui ait été atteinte en Belgique, ainsi qu'il ressort du tableau suivant, qui montre la progression croissante de ce rendement.

Périodes.	Nombre moyen d'ouvriers.	Production annuelle moyenne.	Rendement annuel de l'ouvrier.
		tonnes.	tonnes.
1831-1840.	31.795	2.916.552	92
1841-1850.	42.807	4.815.288	112
1851-1860.	66.429	8.085.216	123
1861-1870.	85.407	11.780 626	138
1871-1880.	103.096	15.033.215	146
1881-1890.	104.964	18.325.038	175

Exportation. — L'exportation s'est élevée à 4.851.000 tonnes de houille et 1.062.000 tonnes de coke, ou, en substituant au poids du coke celui de la houille qui lui correspond, à 6.372.000 tonnes.

Importation. — L'importation a été de 1.815.000 tonnes, savoir: 1.721 000 de houille et 65.000 de coke, correspondant à 94.000 tonnes de houille.

Consommation. — Le poids des quantités consommées, déduit des chiffres de la production et du commerce extérieur, est monté à 15.809.000 tonnes, en augmentation de 930.000 sur celui de l'année antérieure. En dix ans ce poids a passé de 12.140.000 tonnes à 15.809.000, s'augmentant de 30 p. 100, tandis que la production ne s'est accrue que de 20 p. 100.

(*Extrait de la* Statistique des mines, minières, carrières, etc., de la Belgique pour l'année 1890 *par* M. Em. Harzé.)

ACCIDENTS SURVENUS DANS LES CHARBONNAGES DE BELGIQUE EN 1890.

Le nombre des accidents constatés par les ingénieurs des mines dans les charbonnages belges a été de 202 en 1890. Ces accidents ont occasionné la mort de 182 ouvriers et des bles-

sures graves à 49 autres. Voici comment ils ont été classés par nature de cause :

		Accidents.	Tués.	Blessés.
Puits.	Ruptures de chaînes ou de cordes	14	27	1
	Autres	14	12	2
Éboulements, chutes de pierres		85	73	15
Coups de grisou		4	9	3
Coups d'eau		2	1	1
Manipulation de la poudre		10	3	8
Circonstances diverses		73	57	19
Ensemble		202	182	49

Nombre moyen annuel d'ouvriers tués dans les charbonnages belges proportionnellement à 10.000 travailleurs, par période décennale, de 1861 à 1890 :

		1861 à 1870	1871 à 1880	1881 à 1890
Grisou		3,44	4,87	3,64
Coups d'eau		0,96	0,44	0 15
Puits.	Ruptures de chaînes ou de cordes.	3,76	2,72	1,34
	Échelles	0,48	0,30	0,16
	Divers	2,52	2,54	1,37
Éboulements		8,98	7,08	6,61
Manipulation de la poudre		0,46	0,60	0,56
Circonstances diverses		5,46	5,05	6,09
Ensemble : accidents de tout genre.		26,06	23,60	19,92

(*Extrait de la* Statistique des mines, minières, carrières, etc., de la Belgique pour 1890, *par* M. Em. Harzé.)

PRODUCTION MÉTALLURGIQUE DE LA BELGIQUE EN 1890.

Substances.	Poids.	Valeur.	Prix moyen.
	tonnes.	francs.	fr. c.
Fonte	787.836	50.073.000	63,56
Fer	514.311	82.988.000	161,36
Acier	201.817	31.278.000	154,98
Zinc brut	82.701	46.212 000	558,79
Plomb brut	9.617	3.139.000	326,40
Argent	33.083kg	5.806.000	175,50

(*Extrait de la* Statistique des mines, minières, carrières, etc., de la Belgique, pour 1890, *par* M. Em. Harzé.)

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE L'ITALIE.

Statistique de la production des mines en Italie, de 1881 à 1890.

NATURE DES PRODUITS	ANNÉE 1881				ANNÉE 1882			
	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers
		Quantité	Valeur			Quantité	Valeur	
		tonnes	francs			tonnes	francs	
Minerais de fer	35	421.065	4.605.933	2.245	34	242.083	2.897.367	2.000
Id. de ferro-manganèse	1	30 000	480 000	325	1	30.000	480.000	426
Id. de manganèse	6	8.767	234.300	279	6	6.978	348.190	236
Id. de cuivre	14	26.257	1.664 955	1.552	16	24.065	1.985.339	1.537
Id. de zinc	66	72.176	4.691.843	8.887	58	91.366	4.519.529	9.592
Id. de plomb		39.533	8.184.377			46.334	8.296.120	
Id. mélangés	»	»	»	»	3	1.520	89.411	28
Id. d'argent	4	1.444	2.238.951	936	6	1.449	1.739.895	996
Id. d'or	24	12.190	475.170	655	27	12.202	455.990	711
Id. d'antimoine	6	600	118.625	174	5	1.450	328.500	248
Id. d'étain	1	20	4.000	10	1	10	2.130	15
Mercure (métallique)	3	128	575.829	240	2	140	558.864	262
Pyrite de fer	4	5.785	66.700	80	4	6.521	86.415	94
Combustibles minéraux	29	134.582	1.249.794	1.860	29	164.737	1.420.260	1.905
Soufre	320	373.160	41.907.966	26.078	352	445.918	46.642.539	32.431
Sel gemme	27	19.523	298.100	552	27	18.800	319.760	544
Sel de sources	2	11.744	378.790	195	2	10.225	271.792	190
Asphalte et bitume	11	9.380	334.850	300	14	8.332	136.702	187
Pétrole	2	172	76.540	24	4	183	86.844	121
Eaux minérales	»	»	»	»	»	»	»	»
Alunite	1	8.068	403.400	168	1	10 840	542.000	152
Alun	2	1.400	212.000	43	»	»	»	»
Acide borique	12	2.659	2.127.280	594	13	3.025	2.420.990	566
Graphite	»	3.443	154.935	80	»	4.147	186.615	85
Strontiane (sulfate)	18	3.000	135.000	130	»	»	»	»
Sel ammoniac	1	3	480	3	»	»	»	»
Totaux	589	1.185.099	70.619.818	45.410	605	1.130.325	73.815.252	52.326

Statistique de la production des mines en Italie, de 1881 à 1890 (*suite*).

NATURE DES PRODUITS	ANNÉE 1883				ANNÉE 1884			
	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers
		Quantité	Valeur			Quantité	Valeur	
		tonnes	francs			tonnes	francs	
Minerais de fer	48	203.582	2.449.416	1.820	41	225.368	2.614.724	2.129
Id. de ferro-manganèse	1	9.000	144 000	289	»	»	»	»
Id. de manganèse	4	11.384	274.480	200	2	835	39.225	37
Id. de cuivre	15	23.947	2.069.859	1.565	12	27.482	2.201.941	1.393
Id. de zinc	57	100.574	6.441.129	10.026	57	104.974	6.344.590	8.947
Id. de plomb		46.051	7.924.089			46.116	7.123.740	
Id. mélangés	1	65	4.225	22	5	1.270	86.700	93
Id. d'argent	4	1.510	1.673.975	1.213	4	1.626	1.867.331	1.155
Id. d'or	19	10.486	345.003	501	17	15.037	446.807	459
Id. d'antimoine	9	2.027	289.297	277	9	1.714	297.380	250
Id. d'étain	»	»	»	»	»	»	»	»
Mercure (métallique)	2	206	783.940	347	2	267	1.014.695	236
Pyrite de fer	5	6.620	96.725	96	4	7.948	114.720	190
Combustibles minéraux	26	214.421	1.686.399	2.237	25	223.322	1.700.356	2.273
Soufre	367	446.508	42.393.199	31.851	393	411.087	36.522.029	33.030
Sel gemme	24	18.900	323.148	624	24	17.600	310.528	595
Sel de sources	2	9.937	268.332	191	2	10 227	275.889	188
Asphalte et bitume	13	6.739	236.350	273	13	17.350	455.200	416
Pétrole	5	225	58.387	92	6	397	135.452	110
Eaux minérales	»	»	»	»	»	»	»	»
Alunite	1	8.530	341.200	130	1	1.650	66.000	93
Alun	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide borique	12	3.158	2.526.320	564	13	2 517	1.687.050	586
Graphite	»	4.200	189.000	90	»	4.000	180.000	90
Strontiane (sulfate)	»	»	»	»	»	»	»	»
Sel ammoniac	»	»	»	»	»	»	»	»
Totaux	615	1.128.070	70.518.473	52.408	630	1.120.787	63.484.357	52.270

Statistique de la production des mines en Italie, de 1881 à 1890 (*suite*).

NATURE DES PRODUITS	ANNÉE 1885				ANNÉE 1886			
	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers
		Quantité	Valeur			Quantité	Valeur	
		tonnes	francs			tonnes	francs	
Minerais de fer	41	200.955	2.125.286	1.659	41	209.082	2 292.454	1.683
Id. de ferro-manganèse	»	»	»	»	»	»	»	»
Id. de manganèse	4	1.802	56.470	66	5	5.561	160.325	148
Id. de cuivre	12	27.236	1.585.756	1.246	8	25.162	1 100.065	1.037
Id. de zinc	59	107.887	6.659.139	9.054	76	107 548	6 911.960	8.615
Id. de plomb		40.184	5.775.908			39.841	7.128.363	
Id. mélangés	4	1.550	82.400	204	3	932	12.875	109
Id. d'argent	4	1.485	1.962.390	1.295	7	1.639	1.441.400	1.288
Id. d'or	22	11.106	498.453	464	12	10.759	532.651	519
Id. d'antimoine	10	2.887	400.975	274	11	1.738	199.953	420
Id. d'étain	»	»	»	»	»	»	»	»
Mercure (métallique)	2	237	877.500	340	2	251	929.865	393
Pyrite de fer	6	11.372	160.038	225	6	17.149	152 228	321
Combustibles minéraux	23	190.413	1.507.801	1.828	24	243.325	1.803.750	2.629
Soufre	374	425.547	34 964.129	32.927	403	374.343	27.962.282	29 875
Sel gemme	24	17.204	307.790	596	21	18.394	301.314	585
Sel de sources	2	10.678	288.127	219	2	10.881	311.507	215
Asphalte et bitume	14	13.728	306.782	488	15	17.943	388.249	488
Pétrole	6	270	110.066	136	7	219	91.130	145
Eaux minérales	»	»	»	»	»	»	»	»
Alunite	1	6.000	180.000	93	1	6.000	180.000	93
Alun	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide borique	12	1.761	950 940	564	12	3.063	1 531.400	564
Graphite	8	4.000	180.000	120	8	4.000	160.000	110
Strontiane (sulfate)	»	»	»	»	»	»	»	»
Sel ammoniac	»	»	»	»	»	»	»	»
Totaux	628	1.076.302	58.979.950	52.798	667	1.097.830	53.591.771	49.237

Statistique de la production des mines en Italie, de 1881 à 1890 (*suite*).

NATURE DES PRODUITS	ANNÉE 1887				ANNÉE 1888			
	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers
		Quantité	Valeur			Quantité	Valeur	
		tonnes	francs			tonnes	francs	
Minerais de fer	36	230.575	2.527.652	1.809	44	177.157	1.999.331	1.285
Id. de ferro-manganèse	»	»	»	»	»	»	»	»
Id. de manganèse	5	4.434	113.324	111	8	3.630	78.000	88
Id. de cuivre	8	43.826	1.219.391	1.252	19	47.088	1.621.833	1.375
Id. de zinc	96	93.143	6.257.060	9.010	88	87.310	7.159.441	9.364
Id. de plomb		38.221	6.937.951			35.178	6.910.068	
Id. mélangés	2	104	5.200	43	»	»	»	»
Id. d'argent	9	1.892	2.173.644	1.446	9	2.005	1.923.419	1.431
Id. d'or	18	11.134	584.918	432	21	10.638	488.158	476
Id. d'antimoine	5	848	105.832	345	5	507	66.246	228
Id. d'étain	»	»	»	»	»	»	»	»
Mercure (métallique)	4	244	1.022.939	406	8	339	1.693.075	547
Pyrite de fer	6	18.470	185.826	461	4	14.633	147.660	379
Combustibles minéraux	32	327.665	2.502.860	2.870	32	366.794	2.672.574	2.883
Soufre	364	342.215	23.694.194	26.851	362	376.538	25.013.014	28.888
Sel gemme	13	18.788	280.924	416	13	18.424	281.636	387
Sel de sources	2	10.412	295.851	213	2	11.325	390.477	210
Asphalte et bitume	13	18.507	419 921	615	14	20.064	505 111	870
Pétrole	7	208	76.720	135	5	174	55.630	75
Eaux minérales	»	»	»	»	1	2 100	26.300	3
Alunite	1	6.000	30.000	93	1	6.050	30.250	93
Alun	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide borique	13	2.879	1.525.817	523	11	2.603	1.301.250	500
Graphite	10	1.572	17.095	32	7	1.390	14.445	29
Strontiane (sulfate)	»	»	»	»	»	»	»	»
Sel ammoniac	»	»	»	»	»	»	»	»
Totaux	644	1.171.137	49.977.119	47.063	654	1.183.947	52.377.908	49.111

Statistique de la production des mines en Italie, de 1881 à 1890 (*suite*).

NATURE DES PRODUITS	ANNÉE 1889				ANNÉE 1890			
	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers
		Quantité	Valeur			Quantité	Valeur	
		tonnes	francs			tonnes	francs	
Minerais de fer	43	173.489	1.887.231	1.418	44	220.702	2.416.014	2.434
Id. de ferro-manganèse	»	»	»	»	»	»	»	»
Id. de manganèse	5	2.203	51.801	46	4	2.147	52.071	89
Id. de cuivre	16	48.214	1.341.528	1.300	38	50.378	1.857.704	1.593
Id. de zinc	94	97.059	8.257.775	9.256	126	110.926	12.252.648	9.305
Id. de plomb		36.894	7.062.348			32.187	6.507.694	
Id. mélangés	»	»	»	»	»	»	»	»
Id. d'argent	8	1.997	1.748.663	1.331	8	1.750	2.100.974	1.200
Id. d'or	20	10 932	508.427	451	21	8.296	521.602	505
Id. d'antimoine	5	563	100.072	328	46	891	328.711	529
Id. d'étain	»	»	»	»	»	»	»	»
Mercure (métallique)	9	385	2.274.450	533	14	449	2.919.969	617
Pyrite de fer	4	17.022	246.494	343	5	14.755	188.596	366
Combustibles minéraux	37	390.320	2.858 154	2.714	38	376.326	2.906.268	2.817
Soufre	419	371.494	24.652.876	29.028	504	369.239	28.265.291	30.503
Sel gemme	17	18.475	286.490	423	18	17.099	258.301	407
Sel de sources	2	10.015	270.143	212	2	9.879	338.997	198
Asphalte et bitume	20	29.844	541.032	921	20	45.125	1.203.890	729
Pétrole	7	177	51.000	70	9	417	120.603	177
Eaux minérales	1	3.500	28.500	5	1	3.580	29.700	7
Alunite	1	5.600	140.000	76	1	5.000	27.500	84
Alun	»	»	»	»	»	»	»	»
Acide borique	11	2.473	1.236.530	499	11	2.824	1.507.120	497
Graphite	7	1.531	10.721	27	9	1.735	23.280	47
Strontiane (sulfate)	»	»	»	»	»	»	»	»
Sel ammoniac	»	»	»	»	»	»	»	»
Totaux	726	1.222.187	53.554.255	48.981	919	1.273.705	63.826.933	52.104

Statistique de la production des usines minéralurgiques en Italie, de 1885 à 1890.

NATURE DES PRODUITS	ANNÉE 1885				ANNÉE 1886			
	NOMBRE des usines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers	NOMBRE des usines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers
		Quantité	Valeur			Quantité	Valeur	
		tonnes	francs			tonnes	francs	
Fonte	10	15.991	1.599.100	215	11	12.291	1.229.100	248
Fer	226	140.734	28.146.800	8.560	233	161.633	32.326.600	10.567
Acier		6.370	1.911.000			23.760	7.128.000	
Plomb	3	16.461	4.938.300	882	1	19.508	6.437.640	800
Argent		33.346kg	4.670.280			33.839kg	5.414.240	
Or	2	209kg	628.440	100	4	195kg	527.736	79
Cuivre	5	1.651	3.383.944	747	4	2.239	3.502.777	575
Mercure	2	237	877.500	340	2	251	929.865	393
Antimoine	1	240	207.800	67	2	198	139.930	60
Sel marin	»	410.255	»	»	7	353.852	»	2.037
Sel de sources	2	10.678	288.127	217	2	10.881	311.507	»
Aluminium	6	2.950	416.000	102	6	5.320	199.800	130
Sulfate d'alumine		630	64.000			440	40.800	
Totaux	257	»	47.131.291	11.230	272	»	58.187.995	14.889

Statistique de la production des usines minéralurgiques en Italie, de 1885 à 1890 (*suite*).

NATURE DES PRODUITS	ANNÉE 1887				ANNÉE 1888			
	NOMBRE des usines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers	NOMBRE des mines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers
		Quantité	Valeur			Quantité	Valeur	
		tonnes	francs			tonnes	francs	
Fonte	12	12.265	1.104.750	266	8	12.583	1.422.200	195
Fer	220	172.834	49.219.200	11.714	209	176.769	41.427.855	12.749
Acier		73.262				117.785	28.006.466	
Plomb	1	17.795	5.500.000	1.200	2	17.481	5.900.000	600
Argent		33.387kg	5.500.000			34.891kg	5.491.270	
Or	4	234kg	634.924	85	4	187kg	506.323	110
Cuivre	6	3.197	4.854.196	1.318	7	5.332	10.568.326	1.516
Mercure	3	244	1.022.939	406	3	339	1.693.075	43
Antimoine	1	22	14.090	80	»	»	»	»
Sel marin	60	391.548	4.307.028	4.642	9	382.593	4.208.523	4.072
Sel de sources	2	10.412	295.851	213	2	11.325	390.477	210
Aluminium	5	2.260	287.500	120	6	1.380	157.905	108
Sulfate d'alumine		1.980	170.000			2.825	218.608	
Soufre raffiné	16	74.686	7.242.857	335	16	74.474	7.085.414	381
Agglomérés de charbon minéral	11	408.414	11.260.086	428	10	490.349	13.311.270	446
Agglomérés de charbon végétal	11	12.600	1.016.000	144	10	11.900	1.045.950	129
Totaux	352	»	92.429.421	20.951	286	»	121.433.662	20.559

Statistique de la production des usines minéralurgiques en Italie, de 1885 à 1890 (*suite*).

NATURE DES PRODUITS	ANNÉE 1889				ANNÉE 1890			
	NOMBRE des usines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers	NOMBRE des usines en activité	PRODUCTION		NOMBRE des ouvriers
		Quantité	Valeur			Quantité	Valeur	
		tonnes	francs			tonnes	francs	
Fonte	11	13.473	2.123.096	227	12	14.346	2.128.920	254
Fer	323	181.623	50.343.398	14.518	326	176.374	48.548.639	13.799
Acier		157.899	35.185.837			107.676	29.107.407	
Plomb	1	18.165	6.176.100	700	1	17.768	5.685.760	550
Argent		33.505kg	5.025.750			34.248kg	5.822.160	
Or	3	216kg	569.848	89	3	206kg	544.182	157
Cuivre	9	6.904	12.246.000	1.638	10	6.406	12.021.830	1.291
Mercure	3	385	2.274.450	43	3	449	2.919.969	50
Antimoine	1	197	280.066	44	1	182	273.582	30
Sel marin	75	420.625	2.648.949	4.825	73	442.010	4.489.256	2.061
Sel de sources	2	10.015	270.143	212	2	9.879	338.997	198
Aluminium	8	1.380	150.600	125	7	1.294	131.380	109
Sulfate d'alumine		2.667	306.240			2.553	292.150	
Soufre raffiné	17	53.316	4.958.586	269	14	49.337	4.935.540	225
Soufre en poudre	32	54.105	5.386.071	815	25	56.323	6.130.315	900
Asphalte et bitume	»	»	»	»	4	10.302	402.372	115
Pétrole	»	»	»	»	4	350	210.000	44
Acide borique	11	2.473	1.236.550	499	11	1.874	937.000	497
Borax	»	»	»	»		950	570.000	
Agglomérés de charbon minéral	9	506.700	15.343.400	457	10	559.300	16.818.200	516
Agglomérés de charbon végétal	13	13.750	1.172.500	161	15	16.750	1.505.500	222
Totaux	518	»	145.697.584	24.622	521	»	143.813.759	21.018

(***Extrait de la brochure intitulée :*** Notizie sul servizio minerario e geologico raccolte per cura dell' ispettorato delle miniere nell' occasione dell' esposizione nazionale di Palermo nel 1891-92).

DES TRANSFORMATIONS

APPORTÉES

AUX CAISSES DE SECOURS

POUR LES OUVRIERS MINEURS

EN ALLEMAGNE

PAR LES LOIS D'EMPIRE

SUR LES ASSURANCES OUVRIÈRES

Par M. MAURICE BELLOM, Ingénieur au Corps des mines.

INTRODUCTION.

Les lois d'Empire sur l'assurance obligatoire contre les accidents, contre la maladie et contre l'invalidité et la vieillesse ont respecté, en les modifiant, les organismes préexistants susceptibles de prêter leur concours aux institutions nouvelles.

La présente étude a pour objet de montrer les transformations qu'ont imposées aux caisses minières la loi d'assurance contre la maladie, du 15 juin 1883, la loi d'assurance contre les accidents du 6 juillet 1884, et la loi d'assurance contre l'invalidité et la vieillesse, du 22 juin 1889.

I

RÉGIME ANTÉRIEUR A LA LOI DU 15 JUIN 1883.

Antérieurement à la loi du 15 juin 1883 les caisses minières étaient régies en Allemagne par des lois, spéciales à chacun des États de l'Empire, qui pouvaient le ramener à deux types distincts :

La loi prussienne du 24 juin 1865;

La loi saxonne du 16 juin 1868.

Renvoyant pour la législation saxonne à l'étude que nous avons déjà eu l'occasion de publier dans les *Annales des mines* (mai-juin 1890), nous nous bornerons à l'analyse de la législation prussienne résultant de la loi du 24 juin 1865.

Cette loi a réglementé les associations minières dites Knappschaftsvereine dans son titre VII (art. 165 à 186).

Aux termes de cette loi (art. 165, § 1), il doit exister des associations minières pour toutes les exploitations minières soumises à la loi sur les mines, ainsi que pour les salines; les ouvriers des établissements rattachés à ces exploitations peuvent (art. 165, § 2), sur la requête commune des ouvriers et des exploitants, être admis dans ces associations par le comité chargé de l'administration de celles-ci. Ces associations ont (art. 165, § 3) le caractère de personnes juridiques. Le ressort en est normalement fixé par les intéressés, et c'est seulement à défaut d'entente entre ces derniers que l'autorité minière intervient après avoir entendu les patrons et une commission ouvrière (art. 167). Doivent être membres de l'association (art. 168, § 1) toutes les exploitations du ressort et tous leurs ouvriers, et peuvent l'être (art. 168, § 2) leurs employés techniques ou les employés administratifs de l'association. Toute association (art. 169, § 1) doit être régie par des

statuts rédigés par le patron d'accord avec une commission élue par les ouvriers, et approuvés par l'autorité minière qui ne peut refuser l'homologation qu'aux statuts contraires aux lois. Si la rédaction des statuts n'a pas été effectuée dans le délai d'un an, l'autorité minière doit y procéder d'office (art. 169, § 2). Toute modification de statuts doit être décidée par les intéressés dans les formes prévues par les statuts et approuvée par l'autorité minière (art. 170).

Les allocations minima imposées par la loi aux associations minières sont les suivantes pour les membres qui jouissent de l'intégralité de leurs droits (art. 171, § 1) :

1° La gratuité des frais médicaux et pharmaceutiques, en cas de maladie ;

2° Un secours en argent pour toute maladie exempte de faute lourde ;

3° Une indemnité funéraire en cas de décès d'assurés ou d'invalides ;

4° Une pension d'invalidité pour tout cas d'invalidité ne résultant pas de faute lourde ;

5° Une pension aux veuves jusqu'à leur mort ou leur remariage ;

6° Une pension aux orphelins d'assurés ou d'invalides jusqu'à l'âge de 14 ans révolus.

Les membres les moins favorisés ont toujours droit aux secours de maladie et s'ils sont victimes d'un accident au cours de leur travail, aux indemnités funéraires et aux pensions d'invalides (art. 171, § 2).

La loi (art. 172, § 1) prévoit qu'une décision commune des exploitants, des délégués des ouvriers ou « anciens » et du comité directeur peut instituer des caisses de maladie spéciales fonctionnant soit pour toutes les exploitations d'une association, soit pour chacune, soit pour quelques-unes d'entre elles. Ces caisses de maladie sont surveillées (art. 172, § 3) par le comité de l'association, et les statuts

de celle-ci doivent en déterminer le régime, ainsi que la réduction des cotisations exigibles pour l'association en cas de constitution d'une caisse de maladie. Les droits aux secours sont incessibles et insaisissables (art. 173).

La loi impose (art. 174) aux ouvriers et aux exploitants des cotisations tant pour la caisse de l'association que pour la caisse de maladie. Elle spécifie (art. 175) que celles des ouvriers doivent être exprimées en p. 100 du salaire ou évaluées d'après un tarif fixe correspondant, et que celles des exploitants doivent être égales au minimum à la moitié de celles des ouvriers. Ce sont les exploitants (art. 176, § 1) qui doivent percevoir les cotisations de leurs ouvriers sous peine de l'application de la procédure d'exécution forcée ; ils doivent (art. 176, § 2) annoncer au comité directeur l'arrivée de leurs nouveaux ouvriers : sinon le comité (art. 176, § 3) peut fixer arbitrairement le nombre des ouvriers ou demander à l'autorité minière de punir l'exploitant négligent. Toutes les cotisations peuvent être perçues par voie administrative : l'appel contre la décision prescrivant ce recouvrement n'est pas suspensif (art. 177).

L'administration est confiée à un comité directeur assisté d' « anciens » (art. 178). Les anciens sont élus par et parmi les ouvriers et employés ; leur nombre est fixé par les statuts (art. 179, § 1). Les statuts (art. 179, § 2) peuvent accorder l'éligibilité aux invalides. Les anciens (art. 179, § 3) représentent les ouvriers à l'égard du comité et veillent à l'observation des statuts par les assurés. Les membres du comité (art. 180) sont élus moitié par et parmi les exploitants, moitié par et parmi les ouvriers. Le comité (art. 181) représente l'association, dirige les élections des « anciens », désigne les employés et les médecins de l'association, conclut les traités avec ceux-ci, leur donne des instructions, administre la fortune de l'association et traite toutes les affaires que lui délèguent les statuts. Les comptes annuels, après un examen

par le comité, doivent être soumis aux anciens et aux patrons avant que le comité n'en donne décharge aux comptables (art. 182).

L'autorité minière veille à l'observation des statuts (art. 183) : elle désigne à cet effet pour chaque association un commissaire investi du droit d'assister à toutes les séances du comité, qui doivent lui être notifiées trois jours d'avance, et de suspendre, en avisant immédiatement l'autorité minière, l'exécution des décisions antistatutaires (art. 184).

Le comité (art. 185) doit, à toute réquisition, mettre l'autorité minière et son commissaire en mesure de prendre connaissance des procès-verbaux des séances et de la comptabilité et de procéder à une vérification de la caisse ; il doit, en outre, fournir les documents statistiques nécessaires à l'établissement de la statistique minière.

Les réclamations contre la gestion du comité doivent être (art. 186) portées devant l'autorité minière, puis devant le ministre du Commerce.

Ce qui caractérise en un mot le régime de ces associations c'est la possibilité de créer des caisses de maladie isolées, distinctes des caisses de pension. Cette séparation n'est cependant pas obligatoire, aux termes de la loi de 1865.

Toutefois l'ordonnance royale du 22 février 1867 qui introduisit cette loi dans l'ancien duché de Nassau, établissait plus nettement cette séparation en déclarant obligatoire pour chaque établissement l'institution d'une caisse de maladie et en créant une caisse de pension unique pour tout l'État.

Cette séparation des caisses de maladie et des caisses de pension devait être accentuée par les lois d'Empire d'assurance obligatoire.

II

RÉGIME INSTITUÉ PAR LA LOI DU 15 JUIN 1883.

La loi du 15 juin 1883 sur l'assurance contre la maladie ne supprima point les associations minières : elle dispensa même de s'affilier à une autre caisse de maladie (art. 74, § 1) les membres des associations qui remplissaient les deux conditions suivantes :

1° Modifier leurs statuts de façon à assurer à leurs membres des secours au moins égaux à ceux que doivent servir les caisses de fabriques (art. 74, § 2) ; les autorités de surveillance avaient d'ailleurs (art. 74, § 3) le droit de procéder d'office à ces modifications si la caisse négligeait d'y pourvoir.

2° Se conformer aux dispositions du paragraphe 1er de l'article 24, qui déclare le droit aux secours ouvert à dater du jour de l'entrée à la caisse et qui interdit le prélèvement d'un droit d'entrée sur le membre nouveau qui n'a cessé que depuis 13 semaines d'appartenir à une caisse de maladie.

La 2e condition devait être remplie dès l'entrée en vigueur de la loi (1er décembre 1884) ; un délai expirant le 1er janvier 1887 était au contraire accordé pour l'exécution de la première.

Pour réaliser ces modifications l'*Union minière allemande*, constituée par la réunion des associations minières, prépara un statut-type conforme à ces nouvelles prescriptions du législateur. Ce statut adopté par l'assemblée générale de l'*Union*, tenue les 1er et 2 octobre 1884, devait servir de guide aux associations appelées à se transformer. Ce document présente donc un réel intérêt et mérite une analyse détaillée.

STATUT-TYPE DES ASSOCIATIONS MINIÈRES DE 1884.

Le statut se divise en 11 titres: nous croyons toutefois pouvoir adopter une division un peu différente, plus appropriée au cadre de notre étude :

1° DÉFINITION ET ROLE DE L'ASSOCIATION MINIÈRE.

L'association a pour objet d'assurer les secours statutaires.

2° ÉTENDUE DE L'ASSURANCE.

L'assurance s'étend aux personnes employées dans les mines, salines et ateliers de préparation mécanique soumis à la surveillance de l'autorité minière et situées dans le ressort de l'association; l'admission d'autres établissements n'est possible que sur une demande spéciale agréée par le comité.

Le statut-type prévoit l'assurance en faveur des femmes sans spécifier si elle sera obligatoire ou facultative, du moins il leur refuse la qualité de membre stable, le droit de vote et le droit à la pension, sauf en cas d'accident. En tous cas l'occupation ne doit pas être essentiellement passagère.

3° CONDITIONS ET FORMALITÉS DE LA PARTICIPATION.

Le statut-type désigne les membres en deux catégories : les uns payent une cotisation et les autres touchent une pension. Les premiers se divisent à leur tour en stables et instables. Cette classification n'est que le cadre essentiel de la répartition que les statuts de chaque association complètent en distinguant une série de classes pour les membres stables.

Les membres stables jouissent de privilèges spéciaux

non exigés par la loi : aussi les statuts peuvent-ils prévoir des conditions toutes particulières à remplir pour devenir membre stable.

Le statut-type n'impose que les conditions suivantes pour devenir membre instable : il suffit d'être admis à une occupation qui ait un caractère de permanence. Cette admission ne doit être d'ailleurs accordée que sur le vu d'un certificat médical satisfaisant, sous peine pour l'exploitant d'avoir à rembourser à l'association les frais des 13 premières semaines de maladie. De la sorte, l'intéressé n'est pas privé du bénéfice de l'assurance prévu par la loi du 15 juin 1883, et l'association n'est pas grevée indûment d'une charge nouvelle.

Pour devenir membre stable il faut au contraire remplir les conditions suivantes :

1° Être du sexe masculin ;

2° Payer un droit d'entrée ;

3° Avoir atteint l'âge de 18 ans et n'avoir pas dépassé celui de 40 ans ;

4° Avoir été membre instable pendant la durée ininterrompue de l'année précédente ;

5° Jouir de ses droits civils ;

6° Présenter des garanties de santé satisfaisantes.

L'âge de 40 ans est supérieur à celui qu'avaient adopté la plupart des associations minières. Les rédacteurs du statut-type ont voulu assurer aux ouvriers d'un certain âge la possibilité de devenir membres stables et les attacher par suite à l'industrie minière. Ils ont cru d'ailleurs devoir couvrir les charges qui en résulteraient pour l'association en exigeant que tout ouvrier âgé de plus de 30 ans lors de son admission verse, pour la période écoulée depuis le jour où il a accompli sa 30e année jusqu'au début du mois où il a été admis comme membre stable, une somme égale à la 1/2 des cotisations courantes, si lors de son admission il n'a pas encore atteint l'âge de 35 ans,

et une somme égale à la valeur intégrale de ces cotisations, dans le cas contraire. Ces cotisations sont payées aux époques fixées par le comité, sans qu'elles puissent majorer de plus de 50 p. 100 les cotisations courantes.

D'autre part, si, dans les trois ans de l'admission d'un membre, il se produit une maladie dont la constatation aurait empêché l'admission et dont l'existence antérieure à l'admission est reconnue, le membre repasse de la catégorie des stables dans celle des instables, et le supplément de cotisations qu'il a payé comme membre stable lui est restitué, déduction faite du supplément d'allocations qu'il a touché; cette restitution n'a point lieu s'il est constaté que l'intéressé a dissimulé son état de santé. L'épilepsie est un obstacle à l'admission qui doit être considérée comme nulle, si le mal est reconnu préexistant. La question de la préexistence est jugée par le comité sur le vu d'un certificat du médecin de l'association, et, en cas de difficulté, elle est soumise, sur la demande du comité ou de l'intéressé, à une commission de deux autres médecins désignés l'un par le comité, l'autre par l'assuré, et qui en choisissent un troisième s'il y a partage. Si l'intéressé ou le comité ne fait pas, dans la quinzaine qui suit le jour où il a appris que l'autre partie voulait recourir à une commission médicale, usage de son droit de désigner un médecin, la question est considérée comme tranchée à son détriment. Cette procédure simple, qui ne prévoit aucun recours, a pour objet d'éviter les procès.

Les membres instables qui, après avoir accompli trois années de participation ininterrompue, ont atteint l'âge de 18 ans, sont invités par le comité à faire valoir leurs droits à l'obtention de la qualité de membres stables. Si ces membres ne donnent pas suite à cette invitation, ils sont astreints au payement des cotisations de membres stables, sans avoir droit aux allocations correspondantes,

tant qu'ils n'ont pas fait valoir leurs droits. Cette disposition est inspirée par le désir de protéger l'ouvrier contre sa propre négligence.

La qualité de membre instable cesse en même temps que le travail dans les exploitations pour lesquelles l'association fonctionne, à moins que le membre ne soit un invalide ayant droit à une pension.

La qualité de membre stable se perd :

a) Par l'abandon volontaire de l'association;

b) Par le passage dans d'autres associations;

c) Par la cessation du payement des cotisations, lorsque le montant des sommes dues atteint la valeur des cotisations de six mois exigibles des membres en chômage;

d) Par la privation des droits civils;

e) Par l'abandon volontaire du travail pendant plus de trois mois. Dans ce dernier cas, l'intéressé peut conserver le droit aux allocations statutaires s'il continue à payer sa cotisation et celle de l'exploitant; et s'il reprend le travail avant l'expiration d'un délai de trois ans, il peut rentrer dans l'exercice de tous ses droits, comme si sa participation à l'association n'avait pas été interrompue.

Les membres en congé doivent payer leur cotisation personnelle ainsi que la cotisation d'exploitant.

Une décharge peut être accordée par le comité en cas d'absence notoire de travail. Certaines associations accordent la dispense de la cotisation d'exploitant pendant six mois, si l'assuré prouve qu'il a vainement cherché du travail dans plusieurs exploitations.

4° OBJET DE L'ASSURANCE.

L'assurance a pour objet d'assurer des secours de maladie, des pensions d'invalides, de veuves et d'orphelins et des indemnités funéraires.

4. TAUX DE SECOURS.

Les membres stables ont droit à toutes ces allocations; les instables n'ont droit aux pensions qu'en cas d'invalidité ou de mort résultant d'accident. Ces pensions d'instables, que la loi sur les mines réduisait aux pensions d'invalides, comprennent au contraire, sous le régime du statut-type, les pensions de veuves et d'orphelins.

1° *Secours de maladie.* — Les secours de maladie définis par le statut-type sont exclusivement ceux qui sont dus aux assurés eux-mêmes, les secours aux membres de la famille devant être définis par les statuts de chaque association.

Ces secours comprennent :

1° La gratuité du traitement médical et pharmaceutique, depuis le début de la maladie;

2° En cas d'incapacité de travail, à dater du troisième jour qui suit le début de la maladie, un secours pécuniaire égal à la moitié du salaire moyen de la classe à laquelle appartient l'ouvrier, jusqu'à concurrence d'un maximum de 4 marcs pour les ouvriers et de 6 marcs 2/3 pour employés. Ce secours peut être porté aux 2/3 du salaire de base, si le malade passe la durée de la maladie à l'extérieur du ressort de distribution des secours gratuits.

Le traitement à l'hôpital est prévu dans les conditions définies à l'article 7 de la loi du 15 juin 1883.

C'est l'association qui supporte les frais de traitement, et le comité peut allouer en totalité ou en partie les frais des soins dans un établissement spécial ou aux eaux.

Ces secours sont alloués tant aux stables qu'aux instables.

Le service gratuit des secours dure :

1° Pour les instables qui ne reçoivent aucune pension, pendant 13 semaines;

2° Pour les stables jusqu'à rétablissement complet.

Le service des secours en argent dure pendant 13 semaines, mais peut être prolongé jusqu'à l'expiration de la durée de la maladie, si celle-ci paraît devoir cesser dans un délai de six mois.

2° *Indemnité funéraire.* — L'indemnité funéraire doit être de 20 fois le salaire de la classe du défunt.

3° *Pensions d'invalides.* — Les membres stables, au bout d'une période d'ncapacité de travail dont la durée excède celle des secours statutaires de maladie, ont droit à une pension.

Le taux de la pension dépend du nombre d'années de service et de la classe à laquelle appartient l'intéressé. Le statut-type, sans le définir, se borne à spécifier qu'une durée de plus de six mois est seule comptée pour une année de service et à signaler l'opportunité de fixer le tarif en centièmes du salaire normal qui sert de base à l'évaluation des cotisations, et d'adopter un chiffre fondamental susceptible de majorations périodiques; la plupart des associations minières ont adopté une période de cinq années; un grand nombre ont préféré la période d'une année.

Les assurés qui, sans pouvoir continuer le travail des ouvriers de leur classe, sont susceptibles de gagner quelque rémunération, sont déclarés demi-invalides par le comité, qui doit entendre au préalable le médecin, l'exploitant et l'ancien; ils ne reçoivent plus alors que la moitié des allocations statutaires.

Les invalides qui se procurent par d'autres travaux un revenu supérieur à la pension subissent une réduction de 1/2 des secours statutaires.

Bien que toutes les associations minières n'eussent pas prévu l'institution des demi-invalides, il a semblé utile de leur réserver une place dans le statut-type, afin de permettre aux associations d'étendre les bienfaits de leur

action à des membres qui, n'étant pas totalement invalides, auraient été exclus du bénéfice de la pension.

La durée du service de l'assuré n'est comptée qu'à dater de l'époque où il a obtenu la qualité de membre stable et payé les cotisations. La durée du chômage n'est pas déduite, puisque l'assuré en chômage doit payer une cotisation. Le temps passé sous les drapeaux est compté comme temps de service s'il est intercalé dans la période de participation à l'association; mais la pension militaire doit être déduite de la pension d'invalide; les rédacteurs du statut-type pensèrent, en effet, que l'intéressé n'étant frappé que d'une seule incapacité de travail ne pouvait bénéficier que d'une seule pension.

4° *Pensions de veuves.* — La veuve d'un membre pensionné a droit à une pension jusqu'à sa mort ou son remariage; le taux de cette pension est évalué en fraction de celle du mari. La veuve qui se remarie reçoit une somme égale au montant annuel de la pension, sans que cette somme puisse être inférieure à 150 marcs.

5° *Pensions d'orphelins.* — Les orphelins légitimes d'un membre qui avait droit à pension ont, jusqu'à 15 ans révolus, une pension évaluée en fraction de celle à laquelle le membre avait ou aurait eu droit; toutefois la somme de la pension des orphelins et de celle de la veuve ne peut excéder une fraction déterminée du salaire de base du défunt. Les orphelins de père et de mère ont une pension plus élevée, sans que toutefois ce maximum puisse être dépassé.

6° *Allocations extraordinaires.* — Le statut prévoit que le comité peut fournir, en cas de besoins anormaux, des secours extraordinaires.

2. DROIT AU SECOURS.

Le droit aux secours est suspendu pendant la durée du service militaire.

1° *Secours de maladie.* — En cas de double assurance, les secours pécuniaires sont réduits de telle sorte que les secours accordés n'excèdent point le salaire quotidien normal. Sont déchus du droit aux secours pécuniaires les membres qui reçoivent une pension ou ceux qui ont provoqué la maladie soit intentionnellement, soit par rixes, ivresse ou débauche, enfin ceux qui n'observent pas les prescriptions du médecin ou refusent de se laisser transporter à l'hôpital.

2° *Indemnité funéraire.* — La mort de tout membre donne droit, pour ses proches, à une indemnité funéraire.

3° *Pensions d'invalides.* — N'ont pas droit à la pension les membres dont l'incapacité de travail résulte d'un acte intentionnel, de rixe ou de débauche.

4° *Pensions de veuves.* — N'a point droit à la pension de veuve :

a) La veuve qui a épousé un invalide;

b) Celle qui lors de son mariage avait 15 ans de plus que son mari, déjà âgé de 50 ans;

c) Celle qui était séparée de corps de son mari.

5° *Pensions d'orphelins.* — Ont seuls droit à une pension les enfants légitimes. Le remariage de la veuve n'est pas un cas de déchéance pour les orphelins.

3. MODE DE DISTRIBUTION DES SECOURS.

Le statut-type substitue pour toutes les allocations les échéances mensuelles aux échéances hebdomadaires prévues par la loi du 15 juin 1883, afin de faire concorder le payement du secours avec celui du salaire, de telle sorte que le premier remplace plus efficacement le second.

1° *Secours de maladie.* — Le statut-type prévoit l'allocation des soins par un médecin attitré, il stipule que les frais du traitement confié à un autre médecin ne seront payés qu'à titre exceptionnel par l'association, et sous

condition d'une autorisation préalable ou d'une constatation ultérieure, par le comité, d'une réelle urgence. Les membres qui habitent à l'extérieur du ressort défini pour la distribution des soins n'ont droit au remboursement des frais de traitement que s'ils s'adressent à un médecin de l'association; si, faute de remplir cette condition, ils sont déchus de ce droit, ils peuvent obtenir une augmentation de secours pécuniaire. On a espéré éviter de la sorte les abus de la simulation résultant du service de secours à une distance qui empêche toute surveillance. En tous cas, le malade qui a droit aux soins gratuits doit d'abord informer de sa maladie le chef d'entreprise ou « l'ancien » compétent soit en personne, soit par un intermédiaire bien choisi, et présenter le billet de malade que lui a délivré le médecin et qui contient la mention des faits établissant le droit aux secours.

2° *Indemnité funéraire.* — L'indemnité funéraire est payée aux héritiers ou à la personne qui se charge des funérailles.

3° *Pension d'invalide.* — Toute demande de pension doit être adressée au comité de l'association, qui la soumet à l'ancien, à l'exploitant chez lequel l'intéressé a travaillé en dernier lieu, et au médecin de l'association, afin de savoir si la demande est fondée. En cas de contestation, les statuts prévoient le recours à une expertise médicale organisée comme dans les cas de maladie supposée préexistante à l'admission. Le comité statue sur les questions de fait, telle que l'existence de l'incapacité de travail.

Si le comité pense que l'invalide est en état de reprendre le travail, il peut le soumettre à un nouvel examen médical dans les mêmes conditions que pour la constatation de l'invalidité. Si l'invalide est reconnu capable de travailler, le service de la pension cesse et le payement des cotisations est exigé de nouveau.

4° *Pension de veuve.* — Le service de la pension de

veuve commence au début ou à la fin du mois dans lequel a lieu le décès du mari, suivant qu'il s'agit d'un membre actif ou d'un invalide, et il se termine à la fin du mois du décès ou du remariage.

5° *Pension d'orphelin.* — Le service de la pension d'orphelin commence au début du mois où s'est produit l'événement qui y donne droit et se termine à la fin de celui où l'ayant-droit a accompli sa 15e année. Le comité a le droit de servir la pension à des personnes autres que la mère ou le tuteur, s'il les juge plus soucieuses des intérêts de l'enfant.

5° ORGANISATION ADMINISTRATIVE DE L'ASSOCIATION.

Les organes administratifs de l'association sont un comité directeur et une assemblée générale assistés d' « anciens ».

1. **Comité directeur.** — A. *Composition.* — Le comité se compose d'un nombre de membres variable avec chaque association (il varie en général de 6 à 12) et élus moitié par les délégués des exploitants et moitié par les anciens. Sont éligibles les représentants légaux, les ouvriers et employés des exploitations ayant leur domicile officiel dans le ressort de l'association ainsi que les anciens. Sont exclus du droit d'éligibilité les femmes, les personnes âgées de moins de 30 ans et ne possédant point la jouissance de leurs droits civils. Sont électeurs les représentants des exploitations qui ont versé une cotisation dans le trimestre qui précède l'assemblée générale, ainsi que les anciens; la représentation par des fondés de pouvoir est admise. Chaque classe vote séparément, et la représentation est proportionnée d'après les principes qui régissent les délibérations de l'assemblée générale. Le vote a lieu à la majorité absolue; il s'effectue par voie de bulletins.

Les élus doivent, dans les quatre semaines, spécifier s'ils acceptent ou refusent le mandat; le silence équivaut à un refus.

Le statut-type laisse à chaque statut le soin de définir la durée du mandat et le mode de renouvellement. Mais il dispose que les membres sortants sont rééligibles.

Les membres du comité élisent à la majorité absolue un président et un vice-président. On recourt au besoin à un second tour, et, s'il y a partage lors de ce dernier, on tire au sort.

Le comité a un nombre de séances ordinaires qu'il détermine lors de sa première réunion et des séances extraordinaires en cas de besoin ou à la demande de la moitié des membres du comité. Les convocations aux séances extraordinaires doivent être adressées par lettre recommandée ou circulaire.

Le comité peut charger de la correspondance ou de certaines catégories d'affaires, des assurés ou des employés.

Les mesures sont signées du « comité » et exécutées par le président et un employé : le président ou un seul employé peut être déclaré fondé de pouvoir.

Il doit être dressé un procès-verbal de toute séance signé du président et de deux membres du comité.

Tous les membres du comité ont droit de voter. Les décisions sont prises à la majorité absolue : le président a voix prépondérante en cas de partage. Le comité peut délibérer si le nombre des membres présents est supérieur à la moitié.

Les fonctions de membres du comité sont gratuites : elles ne donnent lieu qu'au remboursement des dépenses qu'elles occasionnent.

Les membres du comité perdent cette qualité s'ils quittent la situation qui les rendait éligibles ou s'ils sont déchus de leurs droits civils.

B. *Attributions.* — Toutes les affaires, y compris celles

qui exigent une procuration spéciale, à moins qu'elle ne soient expressément réservées à l'assemblée générale, sont de la compétence du comité. Il peut notamment acquérir, vendre et hypothéquer les biens immobiliers de l'association. Enfin il nomme les employés et les médecins.

2. **Assemblée générale**. — A. *Composition*. — L'assemblée générale se compose des délégués des exploitants et de ceux des assurés (dits *anciens*).

Le comité a seul le droit de convoquer l'assemblée générale, et il doit le faire sur la demande écrite, accompagnée de l'objet de la réunion, d'un tiers des voix des délégués des exploitants ou des anciens, ou sur l'ordre de l'autorité de surveillance.

La convocation doit être faite dix jours d'avance par circulaire ou lettre recommandée, avec indication de l'ordre du jour. Toute assemblée générale régulièrement convoquée peut délibérer valablement, quel que soit le nombre de ses membres, pourvu que les deux partis soient représentés. Elle est présidée par le président du comité. Il est dressé un procès-verbal des délibérations signé du président et des membres. Les exploitants ont une voix par centaine ou fraction de centaine d'ouvriers qu'ils occupent; les anciens ont une voix par centaine d'assurés habitant dans leur ressort.

B. *Attributions*. — L'assemblée générale a pour mission :

a) D'élire les membres du comité;

b) De rédiger et de modifier le statut;

c) De statuer sur la fusion avec d'autres associations.

3. **Anciens**. — A. *Nomination*. — Le ressort de l'association est divisé en circonscriptions comprenant en général au moins 500 et au plus 1.000 assurés; les invalides et les membres en chômage ne sont point comptés. Est éligible tout membre stable, probe, âgé de trente

ans au moins et habitant dans la circonscription, et capable d'entretenir la correspondance avec le comité. Est électeur tout membre majeur du sexe masculin, ayant appartenu et payé des cotisations pendant douze mois de suite à l'association. Si une circonscription ne contient ni électeurs ni éligibles, le comité nomme un ancien en le prenant au besoin parmi les instables. L'élection est publique; le statut-type laisse à chaque statut le soin d'en définir les formes. Est déclaré élu celui qui a obtenu la majorité absolue des suffrages exprimés. La convocation aux élections est faite par le comité au moins une semaine d'avance par voie d'affiches apposées dans les exploitations. L'élection s'effectue sous la direction d'un employé de l'association ou d'un employé d'une exploitation désigné par le comité.

Le comité est juge de la validité de l'élection. Le mandat est de six ans : il peut être renouvelé; il expire de plein droit avant cette période si le titulaire cesse d'être membre de l'association, ou déplace son domicile pour le porter hors de la circonscription. Le comité peut déclarer le mandat expiré si l'ancien ne satisfait plus aux conditions de probité, d'âge et de santé voulues, ou se rend coupable soit d'infractions répétées aux statuts, soit de négligence dans l'accomplissement de ses fonctions. La décision du comité peut être attaquée dans un délai de deux semaines devant l'autorité de surveillance qui statue en dernier ressort. Les anciens reçoivent une indemnité de déplacement et de perte de temps fixée par le comité, et de plus, pour les frais de bureau et de service, une indemnité également fixée par le comité et estimée par tête d'assuré payant, dans la circonscription, une cotisation d'invalide, de veuve et d'orphelin.

B. *Attributions.* — Les anciens sont les intermédiaires pour les affaires courantes entre le comité et chacun des assurés. De plus ils représentent les membres de l'associa-

tion auprès des comités et de l'assemblée générale. Ils doivent s'occuper de la gestion et de la comptabilité et en signaler les défauts au comité. Ils sont chargés, en qualité de mandataires du comité, de veiller à l'observation du statut par les membres de l'association.

4. **Employés.** — L'association a le droit de nommer des employés spéciaux chargés d'assurer l'observation des statuts. De plus le comité peut nommer des employés de bureau qui doivent de lui prêter leur concours dans le fonctionnement administratif.

6° ORGANISATION FINANCIÈRE.

1. **Fonds de réserve.** — Le statut-type prévoit la constitution d'un fonds de réserve dont il ne fixe point le taux, mais il déclare que chaque statut détermine une valeur, rapportée à une tête de membre stable, au-dessous de laquelle ce fonds de réserve ne doit pas descendre.

2° **Cotisation.** — Les membres qui ne sont ni pensionnés ni appelés sous les drapeaux payent des cotisations évaluées en centièmes de salaire normal, jusqu'à concurrence du maximum quotidien de 4 marcs pour les ouvriers et de 6 marcs 2/3 pour les employés. Si l'association comprend une division différente pour chaque genre d'assurance (assurance contre la maladie, assurance contre les accidents, etc.), les cotisations doivent être affectées séparément à chacune d'elles.

Le comité a le droit, pour rétablir l'équilibre entre les recettes et les dépenses ou pour assurer la constitution d'un fonds de réserve, de majorer 20 p. 100 les cotisations normales.

Les exploitants payent par chaque assuré une cotisation au moins égale à celle de ce dernier. Cette disposition, prévue par la loi du 24 juin 1865, n'était appliquée en 1884 que par des associations ne représentant que

un cinquième des ouvriers mineurs ; pour des associations comptant dans leur ensemble 203.790 membres, la cotisation patronale était égale à la cotisation ouvrière, et pour des associations comptant 20.494 ouvriers mineurs, les cotisations étaient supérieures aux deux tiers de celles des ouvriers.

Les cotisations courantes des ouvriers sont payées en même temps que celles des chefs d'entreprise ; elles sont retenues aux ouvriers sur leur traitement ou salaire mensuel.

Les cotisations en retard sont, à la demande du comité, retenues sur le salaire le plus prochain et versées à l'association. Elles peuvent aussi être imputées sur les dépenses de l'association.

Est dispensé de cotisation tout membre appelé sous les drapeaux.

3° **Comptabilité.** — Le statut-type exige que le comité établisse tous les ans le budget et le soumette à l'examen des anciens et des délégués qui représentent les exploitants dans l'assemblée générale. Le comité, dont le président a le droit, à toute époque, de vérifier la caisse, désigne un de ses membres ou un employé qu'il charge de procéder à cette vérification une fois par mois, et inopinément au moins une fois par an. Il détermine les formes de la comptabilité. Le compte annuel doit être, au plus tard dans les trois mois qui suivent la fin de l'exercice, soumis au comité qui l'examine soit par lui-même, soit en recourant à un expert ; le compte est soumis aux intéressés comme le budget, puis le comité en donne décharge. Un rapport sur la gestion est rédigé à la fin de l'année. Ce rapport est communiqué aux délégués des exploitants et aux anciens.

Les comptables de la caisse doivent verser un cautionnement.

7° MODIFICATION DE STATUTS ET DISSOLUTION.

Toute proposition de modifiation doit émaner, soit du comité, soit d'un tiers des voix d'une des deux classes d'intéressés. Toute modification de statut ne peut être décidée que par l'assemblée générale.

La dissolution ne peut être décidée que s'il s'agit de fusionner l'association avec une autre : elle doit être votée par une assemblée générale convoquée à cet effet et à une majorité des trois quarts des membres présents.

Dans les cas de modification de statuts ou de dissolution, les délégués des exploitants, d'une part, et les anciens, d'autre part, votent séparément et la proposition doit réunir dans chacun de ces deux groupes la majorité absolue. Si les deux groupes sont en désaccord, il faut, au bout d'une période comprise entre deux et six semaines, convoquer une nouvelle assemblée où les les deux groupes votent réunis et où la majorité des trois quarts doit être atteinte.

8° SURVEILLANCE DE L'ASSOCIATION DE L'ÉTAT.

Le statut-type déclare que l'autorité de surveillance ou le commissaire qu'elle a nommé à cet effet, doit être avisé des réunions d'assemblée générale dix jours avant la séance, et des séances de comité trois jours d'avance. L'autorité de surveillance peut obtenir copie des procès-verbaux des séances et communication de tous les documents de la caisse.

9° RAPPORTS DE L'ASSOCIATION AVEC D'AUTRES ASSOCIATIONS MINIÈRES.

Le statut établit entre les associations minières un lien de mutualité tel que leurs membres stables peuvent

changer d'association dans les conditions suivantes :

1° L'admission d'un membre stable n'est possible que sur le vu d'un certificat médical ; le nombre des années de service déjà accomplies dans d'autres associations lui est compté dans l'association nouvelle ;

2° Tout membre qui quitte une association perd les droits aux secours qu'il n'est pas encore en droit d'exiger de la part de celle-ci.

Le maintien des droits en cas de changement d'association n'est pas prévu pour les membres instables.

10° DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Les dispositions générales ont pour objet de définir le caractère du droit aux secours, conformément à l'article 56 de la loi d'assurance contre la maladie, ainsi que les rapports avec les tiers, conformément à l'article 57, (§ 4) de la même loi, et de stipuler une prescription de deux ans pour le droit aux secours.

III

RÉGIME INSTITUÉ PAR LA LOI DU 6 JUIL. 1884.

La loi du 6 juillet 1884 sur l'assurance contre les accidents ne modifia point le régime des associations minières. Elle détermina seulement la constitution de la corporation minière chargée du service de ce genre d'assurance.

IV

RÉGIME INSTITUÉ PAR LA LOI DU 22 JUIN 1889.

La loi du 22 juin 1889 sur l'assurance contre l'invalidité et la vieillesse a visé dans plusieurs de ses articles les associations minières.

Les dispositions de la loi de 1889 qui s'appliquaient aux associations minières étaient les suivantes :

1° L'article 135 les assimilait aux caisses de maladie visées dans la loi;

2° Les articles 5 à 7 définissaient les conditions auxquelles elles pouvaient subsister comme caisses d'assurance obligatoire;

3° L'article 36 leur conférait le droit de diminuer les secours jusqu'au taux légal, et de réduire les cotisations dans le même rapport, à moins que l'excédent des cotisations ne fût employé à des institutions en faveur des ouvriers ou ne fût nécessaire pour assurer le fonctionnement de la caisse;

4° L'article 22 (§ 2, n° 3) définissait pour elles le salaire annuel en matières d'associations minières.

Cette loi n'obligeait donc pas les associations minières à se transformer : elle les autorisait à jouer le rôle des établissements d'assurance prévus par le législateur si elles satisfaisaient à certaines conditions.

Elle leur laissait d'ailleurs le choix entre deux solutions : elles pouvaient, soit profiter des dispositions des articles 5 et 7 qui prévoient la continuation du fonctionnement des caisses minières comme établissements autonomes d'assurance contre l'invalidité et la vieillesse, soit laisser, en vertu de l'article 27, aux établissements d'assurance affectés spécialement à l'application de la loi de 1889 le soin d'assurer à leurs membres les bienfaits de

cette dernière, se bornant elles-mêmes à faire service des allocations qui n'appartiennent point au domaine de ces établissements.

Dans le premier cas, l'association minière devait se transformer, pour remplir certaines conditions énumérées dans l'article 5, au triple point de vue du taux des cotisations, du droit aux secours et du règlement des conflits; dans le second cas, l'association minière continuait à servir les allocations qui lui étaient propres, soit qu'elle assurât des pensions supérieures à celles que la loi a prescrites, soit qu'elle eût prévu l'assurance en faveur des veuves et des orphelins et le service d'indemnités funéraires. Nous désignerons la première solution sous le nom de système de l'autonomie, et la seconde sous le nom de système du rattachement.

Ces deux solutions présentaient l'une et l'autre des avantages et des inconvénients trop importants et trop nombreux pour que les intéressés pussent faire rapidement usage de la liberté d'option que le législateur leur avait laissée.

Tout d'abord il était évident qu'une solution générale ne pouvait intervenir, en raison de la diversité des conditions dans lesquelles fonctionnaient les associations minières. C'est ce que démontra l'insuccès d'une réunion tenue à Berlin le 20 juin 1890, sous la présidence du ministre du Commerce, M. de Berlepsch, qui avait invité les représentants des associations minières prussiennes et les ingénieurs du corps des mines à délibérer sur le choix d'un système.

Le gouvernement se rendit d'ailleurs compte de ces difficultés, et il chercha à les aplanir par des concessions successives. C'est ainsi qu'après avoir primitivement imposé, pour l'institution d'un établissement d'assurance spécial aux mines, la condition que cet établissement s'étendrait à l'empire tout entier, il ne lui imposait plus,

dans le rapport ministériel du 20 juin 1890, que celle d'embrasser l'ensemble de la monarchie prussienne, seule capable à ses yeux d'offrir les garanties nécessaires pour faire face tant aux catastrophes à supporter qu'à l'éventualité de l'épuisement du gîte, et s'il formulait à cette époque l'obligation d'appliquer le *Kapitaldeckungsverfahren* (système des primes fixes). Il y renonçait dans la lettre adressée, le 13 octobre 1890, par M. de Berlepsch au comité de l'*Association générale allemande* de Bochum, qui demandait, par une lettre du 31 juillet 1890, l'autorisation de se constituer comme établissement autonome tout en conservant l'*Umlageverfahren* (système de la répartition). Cette réponse autorisait l'application de l'*Umlageverfahren* et la limitation du ressort de l'établissement d'assurance à l'Oberbergamtsbezirk de Dortmund.

Antérieurement à la discussion de la loi au Reichstag puis au cours de cette discussion, les intéressés, ouvriers et patrons, avaient exprimé le désir de voir le législateur respecter l'autonomie des caisses minières existantes. Le gouvernement avait néanmoins fait à cet égard quelques réserves, et il les renouvela dans une réponse à une adresse émanant des délégués des ouvriers mineurs de l'association minière de Bochum. M. de Berlepsch, par cette réponse datée du 4 décembre 1890, signalait les difficultés nombreuses que devait rencontrer l'application du système de l'autonomie sans méconnaître les avantages qu'il pouvait présenter, et en promettant le concours du gouvernement pour ceux qui chercheraient à le mettre en œuvre. L'organisation prévue par la loi présente, en effet, avec les dispositions des statuts des associations minières, de nombreuses différences. Ces différences, réduites à leurs grandes lignes, peuvent se résumer comme suit :

1° Les bases sur lesquelles repose l'assurance prévue par la loi de 1884 sont essentiellement différentes de

celles qu'ont établies les associations minières ; les tarifs doivent donc être transformés.

2° Les associations minières n'allouent une pension d'invalidité qu'aux membres stables; la loi de 1889 l'accorde à tous les ouvriers, et par suite aux membres instables dont le nombre n'atteint pas moins de 47 p. 100 du total dans le district de Dortmund: une cotisation doit donc être imposée aux membres instables comme aux membres stables.

3° Les associations minières ne reçoivent aucune subvention de l'État, qui participe au contraire sous le régime de la loi de 1889 à l'alimentation de l'établissement d'assurance; on doit donc prévoir deux modes de contribution : l'un auquel ne prennent part, comme par le passé, que les ouvriers et les patrons; l'autre dans lequel interviennent les ouvriers, les patrons et l'État.

4° Les associations minières prévoient en général l'ouverture du droit à la pension plus tôt que ne le fait la loi de 1889; il en résulte que les associations sont exposées à servir une pension d'invalidité sans obtenir une subvention correspondante de l'État.

5° La loi prescrit l'assurance à partir de l'âge de 16 ans accomplis; les statuts des associations prévoient en général un âge plus avancé (18 ou 21 ans).

6° Les cas de déchéance prévus par les statuts des associations sont plus fréquents que ceux qui sont définis dans la loi : d'une part, l'abandon du travail y constitue presque toujours une cause de déchéance, tandis que la loi (art. 32) définit limitativement les circonstances où cet abandon entraîne la déchéance et, d'autre part, l'invalidité résultant de la faute de l'intéressé lui fait perdre tout droit à la pension, tandis que la loi (art. 11) n'applique cette mesure que si l'invalidité résulte de l'intention ou d'un acte pénalement répressible.

7° Les droits aux membres appelés sous les drapeaux ou accomplissant une peine d'emprisonnement ne sont pas réservés par les statuts des associations minières dans une mesure aussi large que par les dispositions de la loi.

8° Les cotisations des assurés sont souvent, dans les associations minières, supérieures à celles des chefs d'entreprise, notamment lorsqu'il s'agit du payement de cotisations en retard, de l'obtention de la qualité de membre stable dans des conditions exceptionnelles, enfin de l'obligation du versement d'un droit d'entrée; la loi prescrit au contraire l'égalité des cotisations des patrons et des ouvriers.

9° Les associations minières exigent que le payement des cotisations soit continué pendant la durée de la maladie; la loi en formule au contraire la dispense dans le cas d'une maladie entraînant incapacité pendant sept jours au moins (art. 17, § 2);

10° Le remboursement des cotisations prévu par les articles 30 et 31 de la loi n'a lieu que très rarement dans les associations minières;

11° Les associations minières ne présentent point d'organisation analogue à la juridiction arbitrale instituée par la loi : il faut donc créer de toutes pièces des organes nouveaux.

En raison de ces différences, la transformation qu'avaient à subir les associations minières pour devenir des établissements d'assurances légaux, devait être très profonde, et l'on pouvait craindre que la partie appelée à subsister, dans l'organisation de ces associations, n'en ressentît le contre-coup.

De plus il devait être malaisé de connaître les droits qu'auraient aux secours de l'association minière soit les ouvriers de passage qui viendraient à prendre du travail dans une exploitation minérale après avoir versé,

comme ouvriers d'une autre entreprise, des cotisations à un établissement d'assurance institué en vertu de la loi de 1889, soit les ouvriers qui, après avoir appartenu pendant de longues années à une exploitation minérale, viendraient à la quitter.

D'ailleurs le système de l'autonomie exige de l'association des ressources que toutes ne possèdent point.

Le système de l'autonomie presentait toutefois l'avantage de laisser à des institutions, qui avaient rendu de longs services à l'industrie minérale, leur ancienne indépendance. D'autre part, l'ouvrier comprendrait plus aisément et par suite apprécierait davantage le fonctionnement de l'assurance nouvelle si elle était réalisée par un organisme qui lui était familier et auquel il appartenait depuis longtemps. Le recours à une caisse unique simplifiait du reste le recouvrement des cotisations.

Enfin, si l'administration générale de l'association devait entraîner dans le système de l'autonomie des frais plus élevés que dans celui du rattachement, ces frais devaient constituer une charge moins considérable pour chacune des exploitations prises individuellement, qui se trouvaient en effet dispensées des rapports si complexes avec l'établissement d'assurance.

En un mot, le système de l'autonomie est celui qui convient le mieux aux associations puissantes susceptibles de présenter les garanties nécessaires à un service de pension. Le système du rattachement permet, au contraire, aux associations de ressources et d'un domaine restreints, de satisfaire aux obligations de la loi sans s'exposer à des charges qu'elles seraient incapables de supporter. Le premier système est celui des grandes associations, et le second celui des petites.

Toutefois, les petites associations peuvent, en se réunissant dans le but de réaliser l'assurance contre l'invalidité et la vieillesse, constituer un groupement qui rem-

plisse les conditions nécessaires au fonctionnement de cette assurance : dès lors elles conservent leur individualité en tant qu'associations minières, et elles constituent par leur réunion une seule et même caisse de pension jouissant de l'autonomie au point de vue de l'assurance contre l'invalidité et la vieillesse.

L'autonomie peut donc être réalisée sous deux formes distinctes : tantôt l'association minière elle-même fait le service de l'assurance; tantôt l'établissement d'assurance est constitué sous forme d'une caisse de pensions résultant de la réunion de plusieurs associations minières : dans le premier cas l'association minière et l'établissement d'assurance se confondent; dans le second, ils sont essentiellement distincts; la caisse de pension fait le service de l'assurance contre l'invalidité pour toutes les associations minières qui continuent à titre individuel le service des allocations qui leur sont propres. Dans ce dernier cas, les rapports des associations minières avec la caisse de pensions peuvent être de deux sortes : tantôt les membres de la caisse de pensions ne sont autres que les associations minières elles-mêmes, les membres de ces associations ne participant qu'indirectement à la caisse; tantôt ce sont les membres de chacune des associations qui sont directement membres de la caisse de pensions. En tenant compte de cette double hypothèse, les types d'établissements autonomes sont au nombre de trois : au premier type se rapporte la *caisse de l'association minière de Sarrebrück* (*Knappschaftskasse des Saarbrückner Knappschaftsvereins*), *l'association minière générale de Bochum* (*allgemeiner Knappschaftsverein*); au second, la *caisse de pensions minières du Nord de l'Allemagne* (*Norddeutsche Knappschaftspensionskasse*) et la *caisse générale de pensions minières du royaume de Saxe* (*allgemeine Knappschaftspensionskasse für das Königreich Sachsen*).

Nous prendrons un exemple de chaque type, savoir : pour le premier, l'*association minière générale de Bochum*, et pour le second, la *caisse de pensions minières du Nord de l'Allemagne*, et pour le troisième, la *caisse générale de pensions minières du royaume de Saxe*, en raison du caractère propre des caisses minières saxonnes.

§ 1. — ASSOCIATION MINIÈRE GÉNÉRALE ALLEMANDE DE BOCHUM.

L'association minière générale allemande n'adopta qu'après de longues hésitations le système de l'autonomie. Les ouvriers étaient favorables à cette solution dont les différentes applications effrayaient au contraire les chefs d'entreprise. Une commission spéciale nommée par le comité de l'association prépara un projet d'établissement d'assurance autonome ; après l'avoir discuté dans sa séance du 12 novembre 1890, le comité composé des délégués des patrons décida de recommander aux représentants des patrons de le rejeter dans l'assemblée générale de l'association minière. Plusieurs assemblées d'ouvriers mineurs ne donnèrent pas immédiatement leur approbation à ce projet et demandèrent le temps nécessaire à un sérieux examen. Aussi l'association minière ne prit-elle aucun parti à cet égard dans le courant de l'année 1890, et l'assemblée générale des patrons se borna, le 20 décembre 1890, à rejeter le système de l'autonomie pour celui du rattachement. Ce fut ce dernier système qui, en l'absence de toute décision de la part de l'association, lui fut appliqué lors de l'entrée en vigueur de la loi d'Empire, le 1er janvier 1891 : les ouvriers mineurs furent affiliés, au point de vue de l'assurance contre l'invalidité et la vieillesse, aux établissements d'assurance institués à Dusseldorf et à Munster pour la province de Westphalie

et pour la province Rhénane, et cela sans que l'association pût imputer au compte des allocations qu'elle devait servir les pensions assurées par ces établissements.

Dans le courant de l'année 1891, le comité de l'association prépara trois nouveaux projets : deux d'entre eux avaient en vue l'application du système de l'autonomie et se rapportaient l'un au statut existant de l'association, l'autre au projet de statut de l'année précédente; le troisième constituait une application du système du rattachement. Indépendamment de ces trois projets, un quatrième, basé sur le système du rattachement, fut présenté par un chef d'entreprise à la séance tenue le 11 juillet 1891 par le comité patronal. Ce comité se décida en faveur du rattachement qui fut également adopté par l'assemblée générale des patrons tenue à Dortmund, le 5 octobre suivant.

Tel n'était pas, en tout cas, l'avis des représentants des ouvriers qui, dans l'assemblée générale de l'association convoquée à Bochum cinq jours après (10 octobre 1891) déterminèrent l'adoption d'un projet d'établissement autonome.

Le 22 décembre suivant, le conseil fédéral reconnaissait l'association minière générale allemande de Bochum comme établissement d'assurance autonome fonctionnant pour l'application de la loi du 22 juin 1889.

L'extension donnée aux fonctions de l'association la conduisit à subdiviser en deux branches son organisation administrative primitivement unique : l'une était affectée à la caisse d'invalidité et de vieillesse, chargée du service des pensions prévues par la loi du 22 juin 1889; l'autre, à la caisse qualifiée de *Zusatzkasse* (caisse supplémentaire), chargée du service des allocations non prévues par cette loi.

Une analyse des statuts de cette association permettra de juger de son fonctionnement.

1. DÉFINITION ET RÔLE DE L'ASSOCIATION.

L'association, dont le siège est à Bochum, a pour objet d'assurer à ses membres et à leurs ayants-droit les avantages stipulés dans le statut et en particulier de jouer à leur égard le rôle d'établissement d'assurance obligatoire au sens de la loi du 22 juin 1889. Son rôle est donc double, et au point de vue financier on est conduit à la diviser en deux branches : l'une affectée à l'assurance prévue par la loi sur les mines du 24 juin 1865, l'autre affectée à l'assurance prévue par la loi d'Empire du 22 juin 1889. Pour simplifier les dénominations, nous désignerons la première sous le nom de *caisse de la loi des mines*, et la seconde sous celui de *caisse de la loi d'Empire*.

2. ÉTENDUE DE L'ASSURANCE.

Doivent faire partie de l'association :

a) Les propriétaires de toutes les exploitations minérales situées dans le district des anciennes associations minières de Bochum, Essen et Mülheim.

b) Les ouvriers qu'ils occupent, quel que soit leur âge et leurs employés techniques ou employés de bureau ainsi que les employés de l'association, quel que soit leur âge, pourvu qu'ils soient appointés, mais que leur traitement annuel n'excède pas 2.000 marcs.

L'assurance est facultative pour les autres employés.

Si des établissements industriels sont rattachés à ces exploitations minérales, le personnel de ces établissements peut, sur sa demande et d'accord avec les chefs d'entreprise, être admis par le comité de l'association au sein de cette dernière.

3. CONDITIONS ET FORMALITÉS DE LA PARTICIPATION.

Les membres de la caisse appartiennent à deux classes :

a) Membres actifs ;

b) Membres invalides.

Les membres actifs se répartissent en cinq catégories :

1. Employés de 1re classe } ou stables.
2. — de 2e classe } ou stables.
3. Ouvriers de 1re classe } ou stables.
4. Ouvriers de 2e classe ou instables.
5. Jeunes ouvriers

Les ouvriers dits stables sont ceux qui :

1° Ont appartenu pendant une année ininterrompue à la 2e classe ;

2° Ont de seize à trente ans ;

3° Ont subi un examen médical satisfaisant ;

4° Jouissent de leurs droits civils.

Quant aux ouvriers de la 2e classe, ce sont tous les ouvriers de plus de seize ans, admis dans l'association en vertu des dispositions générales rappelées ci-dessus ; les statuts les qualifient d'instables.

Les jeunes ouvriers ne participent qu'à la *caisse de la loi des mines.*

Les employés de la 1re classe sont les premiers maîtres mineurs, les contremaîtres ainsi que les employés de bureau et les comptables ; à la 2e classe appartiennent tous les autres employés. L'admission ne doit pas avoir lieu en général dans la 1re classe au delà de trente-six ans, ni dans la 2e au delà de trente-quatre. Les seconds maîtres mineurs peuvent , après trois ans de service comme tels, être admis dans la 1re classe d'employés.

Le membre qui a le nombre d'années de service suffisant pour changer de classe doit en faire la demande au chef d'entreprise, et, si ce dernier n'accueille pas sa requête, il peut en appeler dans les quatre semaines devant le comité de l'association. Ce comité statue après avoir consulté un médecin. Il peut, du reste, accorder

des dérogations aux dispositions statutaires pour le passage d'une classe à une autre sous réserve des dispositions suivantes : l'épilepsie empêche toute admission; l'absence d'un œil, une légère hernie et une faible surdité ne constituent pas un empêchement; mais un cas d'invalidité résultant de ces causes ne donne droit qu'aux pensions de la classe inférieure. L'apparition, dans les trois ans de l'élévation de classe, d'une maladie dont la constatation eût alors empêché ladite élévation, conduit à ramener le membre dans la classe inférieure, s'il est reconnu que cette maladie était préexistante, et à lui restituer sans intérêt l'excédent de cotisations perçues par la caisse, à moins qu'il ne soit convaincu d'avoir eu connaissance de son état.

Les invalides constituent une catégorie à part : ils ne payent aucune cotisation et bénéficient des allocations de la caisse; les invalides qui sont encore susceptibles de travailler ne participent qu'à la caisse de la loi sur les mines.

L'affiliation commence, pour les membres assujettis à l'obligation de l'assurance, à dater de leur entrée au travail; pour les autres, à dater de la déclaration d'entrée.

Les patrons ne doivent admettre que les ouvriers pourvus d'un certificat médical satisfaisant, et cela sous peine d'avoir à rembourser à l'association les frais des treize premières semaines de maladie de ces ouvriers. Cette disposition ne s'applique pas aux ouvriers qui sont déjà membres de l'association, à moins qu'il ne s'agisse des ouvriers de la 2e classe; ces ouvriers doivent, en effet, apporter de nouveaux certificats du médecin, soit au bout d'un chômage de deux mois résultant de renvoi, lorsqu'ils prouvent qu'il leur a été impossible de trouver du travail, soit au bout d'un chômage de deux semaines résultant de leur abandon volontaire du travail.

Tout ouvrier qui arrive au travail doit recevoir du patron un livret fourni par l'association contenant le texte des statuts et destiné à établir les liens qui rattachent l'ouvrier à l'association; sur ce livret doivent être mentionnés l'admission et les changements de classe.

Les droits du membre en chômage sont régis par la loi d'assurance contre la maladie (art. 28).

Les membres qui, remplissant les conditions pour passer dans une classe plus élevée, ne font pas les déclarations réglementaires, sont obligés au versement des cotisations de la classe supérieure, mais n'ont droit qu'aux secours de la classe inférieure, sauf dérogation accordée par le comité.

L'affiliation cesse :

1° Pour les ouvriers de la 2e classe, dès qu'ils quittent le travail;

2° Pour les autres, s'ils chôment pendant un mois sans congé régulier, s'ils s'affilient à une autre association minière ou s'ils restent pendant six mois sans payer leur cotisatiou.

La qualité de membre subsiste en cas de congés réguliers, mais les droits sont suspendus durant cette période; toutefois, dans un cas d'invalidité ou de mort ne résultant pas d'une faute lourde de la victime, les droits acquis à la date du début du congé sont réservés; ces congés peuvent être accordés par le comité aux employés et ouvriers de 1re classe sous certaines conditions : pendant le congé, la cotisation est réduite à 2 marcs par mois payables au début du congé pour la durée tout entière; toutefois, si cette durée excède trois mois, le payement a lieu tous les trois mois.

En cas de service militaire, l'octroi d'un congé est inutile, tant pour les membres stables que pour les membres instables, et même aucune cotisation n'est

exigée; mais le droit aux secours ne subsiste qu'en cas d'invalidité ou de mort résultant de la participation à la défense de la patrie. Les secours accordés par l'État doivent d'ailleurs être déduits de la valeur totale des secours statutaires.

Les employés et ouvriers de 1re classe que la maladie oblige à un chômage prolongé sont également dispensés de cotisation. Ces dispenses sont mensuelles. Une dispense définitive est au contraire accordée aux employés et ouvriers de 1re classe qui ont quarante ans accomplis, à partir de la fin de l'année dans laquelle ils ont atteint cet âge. Une décision exceptionnelle du comité peut, à la demande des intéressés, accorder la restitution des cotisations, savoir : 1° la moitié des cotisations payées à la caisse de la loi des mines, à tout ouvrier de 2e classe (ou à ses ayants-droit) qui a versé pendant quinze années ininterrompues des cotisations de 2e classe et qui, par suite de l'âge ou d'autres motifs, ne peut obtenir une élévation de classe; 2° en cas d'invalidité ou de mort survenue pendant le service militaire, à un assuré qui laisse une veuve, des enfants ou un père ou une mère; la restitution des cotisations n'entraîne point, dans ce cas, la suppression des secours; toutefois elle ne s'étend pas aux cotisations versées par des ouvriers de 2e classe.

Les employés et les membres peuvent conserver, avec l'autorisation du comité, les droits à la caisse de pension, à condition de payer non seulement les cotisations d'ouvriers, mais même les cotisations de chefs d'entreprise.

Les personnes qui ont perdu la qualité de membre peuvent être de nouveau admises par le comité si, après une période de travail d'essai d'une durée d'une année, ils remplissent les conditions d'admission statutaires.

4. OBJET DE L'ASSURANCE.

L'objet de l'assurance est d'accorder des secours de maladie et des indemnités funéraires, des pensions aux invalides, aux veuves et aux orphelins.

1. TAUX DE SECOURS.

1° *Secours de maladie.* — Les membres actifs ou invalides occupés au service d'une exploitation de l'association ont droit, en cas de maladie :

a. Depuis le début de la maladie, à la gratuité des secours médicaux et pharmaceutiques ;

b. En cas d'incapacité de travail, et à dater du troisième jour qui suit le début de la maladie, à un secours pécuniaire.

Le service gratuit des secours dure :

1° Pour les employés et les ouvriers de 1re classe, jusqu'à rétablissement complet ;

2° Pour les ouvriers de 2e classe, les jeunes ouvriers et les invalides qui travaillent encore et n'ont pas droit à pension, pendant treize semaines ;

3° Pour les invalides ayant droit à pension, jusqu'à rétablissement complet, tant qu'ils habitent dans le ressort de l'association.

Le service des secours pécuniaires dure :

1° Pour les employés et les ouvriers de 1re classe, pendant vingt-quatre semaines ;

2° Pour les ouvriers de 2e classe, les jeunes ouvriers et les invalides qui travaillent encore, pendant treize semaines. Les premiers au delà de vingt-quatre semaines, et les seconds au delà de treize, doivent faire valoir leurs droits à la pension d'invalidité.

Le secours pécuniaire est égal à la moitié du salaire

moyen. Pour l'évaluation de ce salaire, les membres sont répartis en 13 classes :

Classe.	Salaire.	Salaire moyen.
	marcs.	marcs.
1.	1,40 et au-dessous	1,20
2.	1,41 à 1,80	1,60
3.	1,80 à 2,20	2,00
4.	2,21 à 2,60	2,40
5.	2,61 à 3,00	2,80
6.	3,01 à 3,40	3,20
7.	3,41 à 3,80	3,60
8.	3,81 à 4,20	4,00
9.	4,21 à 4,60	4,40
10.	4,61 à 5,00	4,80
11.	5,01 à 5,40	5,20
12.	5,41 à 5,80	5,60
13.	au-dessus de 5,80	6,00

Si le salaire moyen ainsi défini est inférieur au salaire moyen de la localité, c'est ce dernier qui doit être pris comme salaire de base.

Les ouvriers sont, dans chaque cas de maladie, répartis entre ces classes par le directeur technique, d'après leur salaire effectif des trois derniers mois, ou pour de nouveaux arrivés, d'après le salaire moyen des ouvriers auxquels ils sont assimilables. Les ouvriers actifs de 1re classe ont au moins le secours de maladie de 5e classe, les employés de 2e celui de 8e, et les employés de 1re celui de 10e.

De plus, les assurés ont droit, en cas d'accident, à partir de la cinquième semaine, à un secours égal aux deux tiers du secours moyen de leur classe ; le secours supplémentaire égal à un sixième du salaire moyen, est payé, de la cinquième semaine à l'expiration de la treizième, par le chef d'entreprise.

Au delà de la treizième semaine l'assuré victime d'accident doit faire valoir ses droits à la pension d'invalidité,

en tenant compte d'ailleurs de la loi d'assurance contre les accidents.

Aux secours de maladie peut être substitué le traitement gratuit à l'hôpital dans les conditions prévues par la loi d'assurance contre la maladie les membres de la famille pouvant recevoir un secours pécuniaire égal à la moitié du secours pécuniaire défini plus haut.

2° *Indemnité funéraire.* — L'indemnité funéraire est égale à vingt fois le salaire moyen de la classe; elle doit atteindre au minimum :

1° Pour les employés de	1re	classe.	90	marcs
2° Id.	id.	2e	id.	60	id.
3° Pour les ouvriers de	1re	id.	50	id.
4° Id.	id.	2e	id.	30	id.

à moins que ces sommes ne soient inférieures à vingt fois le salaire de la localité : ce salaire doit être alors pris pour base.

3° *Pensions d'invalidité et de vieillesse.*— Ces pensions sont de deux sortes : les unes prévues par la loi sur les mines, les autres prévues par la loi d'Empire. En ce qui concerne celles-ci, les statuts reproduisent exactement les dispositions de la loi (*). Les dispositions prévues par celles-là sont au contraire spéciales à l'association de Bochum. Elles peuvent se résumer comme suit.

Le tarif est basé sur la classe et le nombre d'années de service :

(*) Ils stipulent l'obligation de déduire le montant total des pensions allouées par la loi d'Empire, des allocations correspondantes prévues par application de la loi sur les mines.

NOMBRE D'ANNÉES DE SERVICE	PENSION ANNUELLE DES employés de 1re classe	employés de 2e classe	ouvriers de 1re classe	ouvriers de 2e classe
	marcs	marcs	marcs	marcs
5 ans et au-dessous	270 (*)	180 (*)	150 (*)	108 (*)
De 5 à 10 ans	297	198	165	108 (*)
10 15	324	216	180	108 (*)
15 20	378	252	210	126
20 25	432	288	240	144
25 30	486	324	270	162
30 35	594	396	330	198
35 40	702	468	390	234
40 45	810	540	450	270
Au-dessus de 45	972	648	540	324

(*) Ces pensions ne sont appliquéees, en cas d'invalidité résultant d'accident, que si la corporation ne lui en doit pas une.

Ont droit à cette pension :

1° Tous les membres devenus invalides par suite d'accident sous réserve des obligations de la corporation minière à leur égard.

2° Les employés et ouvriers de 1re classe déclarés invalides par le comité de l'association, à condition qu'ils aient cinq ans de service dans leur classe et que l'invalidité ne résulte pas de leur faute lourde et n'ait pas lieu pendant leur séjour sous les drapeaux.

3° Les membres de la 2e classe qui n'étaient pas âgés de plus de 30 ans lors de leur admission au service, qui, pour des motifs dont ils ne sont pas responsables, sont restés plus de 15 ans ininterrompus dans la 2e classe sans passer dans la 1re, et que le comité de l'association juge invalides par suite d'une maladie professionnelle et en l'absence de faute lourde.

Les employés de 1re classe qui n'appartiennent à cette classe comme membres actifs que depuis moins de 5 ans, reçoivent la pension de 2e classe. Ceux de 2e classe qui ne font partie de cette classe comme membres actifs que depuis moins de 5 ans, ne reçoivent que la pension d'invalide des ouvriers de 1re classe. Les ouvriers, qui, sans

avoir appartenu 5 ans à la 1re classe ont, dans la 1re et la 2e classes réunies, une durée totale de service de 15 années, reçoivent la pension d'après le tarif de 2e classe.

Les invalides qui sont reconnus par les administrateurs de la caisse en état de gagner ou qui gagnent effectivement un salaire supérieur au double de la pension, subissent une réduction de moitié de la pension, à moins que le salaire mensuel ne soit pas supérieur à 40 marcs et que l'âge de l'invalide soit de plus de 60 ans.

Les invalides présumés incurables qui se transportent définitivement à l'étranger, peuvent demander le payement d'un capital au lieu du service d'une pension.

4° *Pension de veuve.* — Les veuves des membres pensionnés ou ayant droit à une pension, reçoivent une pension de veuve égale aux deux tiers de celle due ou servie au mari.

La pension est réduite à la moitié si, à l'époque du mariage, l'âge du mari était compris entre 45 et 50 ans, la femme ayant 20 ans de moins, ou s'il était supérieur ou égal à 50 ans, la femme ayant 15 ans de moins.

La veuve qui se remarie dans les trois mois qui suivent la mort de son mari reçoit une somme égale à trois fois le montant de sa pension de veuve. Les veuves qui s'établissent définitivement à l'étranger peuvent demander au comité de l'association la substitution au service de la pension du payement d'un capital au plus égal au triple de celle-ci.

5° *Pension d'orphelin.* — Les orphelins, au-dessous de 14 ans, d'invalides pensionnés de toutes classes ou de membres de toute classe ayant droit à une pension reçoivent une pension qui est par mois, de :

marcs.				
5,75	pour chaque enfant d'employé de la		1re	classe;
3,80	id.	id.	2e	id.
3,20	pour chaque enfant d'ouvrier de la		1re	id.
1,90	id.	id.	2e	id.

Elle est doublée dans le cas d'un orphelin de père et de mère.

6° *Allocations extraordinaires.* — Si un membre meurt victime d'accident sans laisser de veuve ni d'enfant, mais en laissant des parents ou des frères et sœurs indigents, ceux-ci reçoivent, à titre de sommes une fois payées :

a) Dans le cas d'employés de la	1re	classe.	135	marcs
b) Id. id.	2e	id.	90	id.
c) Dans le cas d'ouvriers de la	1re	id.	75	id.
d) Id. id.	2e	id.	45	id.

à moins que la caisse de la corporation ne leur fournisse un secours au moins aussi élevé.

Le comité peut d'ailleurs allouer des secours extraordinaires, en cas d'urgence et si la situation de la caisse le permet, aux membres stables actifs ou invalides, aux invalides et aux veuves.

2° DROIT AUX SECOURS.

Le droit aux pensions servies par la caisse de la loi d'Empire est défini dans les conditions prévues par cette loi.

Le droit aux allocations de la caisse de la loi des mines est défini comme suit :

1° *Secours de maladie.* — Les statuts prévoient la réduction des secours dans le cas d'assurance multiple jusqu'à un maximum égal au salaire moyen de l'assuré. Une déclaration de l'assurance multiple doit être d'ailleurs effectuée dans un délai de quatre semaines auprès du comité. Ils interdisent toute affectation de médicaments à d'autres objets, tout travail, toute fréquentation des lieux de plaisir et des débits de boissons, durant le service des secours en argent, sans la permission du médecin ou de « l'ancien ». Ils prévoient enfin la déchéance du secours pécuniaire et la restitution des secours déjà reçus en cas de maladie provoquée ou prolongée inten-

tionnellement ou résultant de rixes, d'ivresse ou de débauche.

2° *Indemnité funéraire.* — Le décès d'un membre actif ou d'un invalide pensionné ou d'un invalide qui travaillait encore dans une entreprise de l'exploitation et versait une cotisation, donne droit, pour ses proches, à une indemnité funéraire.

3° *Pension d'invalidité.* — La pension d'invalidité n'est point allouée à l'invalide pendant la durée de l'emprisonnement. Toutefois, s'il a une femme ou des enfants au-dessous de 14 ans, cette pension leur est servie.

4° *Pension de veuve.* — Est déchue du droit à la pension de veuve pendant une durée que fixe le comité :

a) La veuve qui a épousé un invalide; si elle était déjà pensionnée à cette époque, elle recouvre ses anciens droits à la mort du mari;

b) La veuve dont le mari est mort à la guerre, sauf décision spéciale du comité.

c) La veuve qui se trouve en prison : sa pension est affectée à l'entretien de ses enfants;

d) La veuve qui mène une vie immorale.

5° *Pension d'orphelin.* — Ont seuls droit à une pension d'orphelins, les enfants légitimes et germains. Sont exclus de ce droit les enfants issus d'un mariage conclu pendant l'invalidité. Le remariage d'une veuve laisse intact le droit des orphelins.

3. MODE DU SERVICE DES ALLOCATIONS.

Le comité de l'association ou la commission à ce délégué statue sur l'octroi, le refus ou le retrait des allocations prévues dans les statuts; il décide si un membre doit être considéré comme malade, incapable de travailler ou de gagner sa vie; ces décisions sont susceptibles d'appel devant l'autorité de surveillance, à l'exclusion du recours de droit commun.

Les allocations sont payées tous les mois, à l'exception

des secours pécuniaires de maladie, qui peuvent être payés toutes les semaines si la demande en est faite; les réclamations doivent être adressées au comité dans les quatre semaines de la paye, sous peine de prescription. Ces allocations doivent être touchées aux échéances; celles qui ne le sont pas à trois échéances consécutives sont envoyées à l'intéressé et à ses frais.

Les membres doivent déclarer au Comité ou à l'ancien compétent tout événement qui supprime le droit au secours, et cela sous peine d'une amende variant de 1 à 10 marcs et pouvant même atteindre le montant des allocations en jeu. Ils doivent faire valoir en temps utile les droits qui leur appartiennent en vertu de la loi d'assurance contre les accidents et de la loi d'assurance contre l'invalidité, sous peine de subir sur la valeur des secours alloués par l'association une réduction égale à la valeur de ces droits.

1° Pensions de la caisse de la loi d'Empire. — Les dispositions contenues dans les statuts sont la reproduction de celles de la loi d'Empire, sauf les exceptions suivantes :

Toute demande de pension doit être adressée à l'ancien compétent, auquel doivent être remises les pièces et indications nécessaires. L'ancien doit soumettre l'intéressé à un examen effectué par le médecin compétent de l'association minière, et en général par deux autres médecins de l'association que désigne l'intéressé; puis il envoie toutes les pièces au comité; c'est ce comité ou la commission spéciale qui statue après s'être entouré de tous les renseignements nécessaires et avoir au besoin réclamé la comparution personnelle de l'intéressé.

2° Allocations de la caisse de la loi des mines. — a) *Secours de maladie.* — L'assuré malade doit, dans un délai de trois jours, aviser de sa maladie l'ancien compétent, et, sauf le cas de chômage, le chef de l'entreprise dont il dépend, puis, dans le même délai, présenter au mé-

decin compétent un billet de malade qui lui a été délivré. Il est obligé, si son état le lui permet, de se présenter lui-même chez le médecin et de se représenter devant lui tous les huit jours, et plus souvent s'il en reçoit l'ordre. Il doit restituer à l'ancien le bulletin de malade dans les trois jours de sa guérison. Sauf avis contraire, le jour initial de la maladie est celui du début du traitement. Le comité doit faire connaître, par voie d'affiches, le nom du médecin de chaque circonscription et l'adresse des pharmaciens attitrés du comité. Quiconque ne s'adresse pas au médecin et au pharmacien compétents, sauf le cas d'urgence, ne peut prétendre au remboursement des dépenses qu'il a faites. Toutefois, si l'éloignement de la résidence du malade ne lui permet pas de recourir à un médecin du comité, il a droit à un secours pécuniaire supplémentaire au lieu de la gratuité du traitement. De plus, tout assuré a le droit, à certaines époques fixées par le comité, de changer de médecin, à condition de prendre un des médecins de la caisse habitant dans un ressort de 4 kilomètres.

b) *Indemnité funéraire.* — L'indemnité funéraire est allouée aux ayants-droit ou à la personne qui se charge des funérailles.

c) *Pension d'invalidité.* — La pension d'invalidité est servie mensuellement, à partir du début du mois où l'invalidité a été reconnue jusqu'à l'expiration de celui où elle cesse. Le secours pécuniaire de maladie cesse au moment où la pension d'invalide commence.

d) *Pension de veuve.* — Le service de la pension de veuve est effectué comme celui de la pension d'invalide; il commence toutefois, pour les veuves d'invalides, au moment où cesse celui de la pension d'invalidité.

e) *Pension d'orphelin.* — Les pensions d'orphelins sont versées entre les mains de la personne qui s'occupe de leur éducation. Le service de la pension commence

au début du mois pendant lequel s'est passé l'événement qui confère le droit à cette pension, et se prolonge jusqu'à l'expiration de celui dans lequel l'enfant accomplit sa quatorzième année ou meurt, ou dans lequel l'invalidité du père vient à cesser.

5. ORGANISATION ADMINISTRATIVE.

Les organes administratifs de l'association sont : un comité directeur et une assemblée générale, assistés d'anciens et de commissions.

1° Comité directeur. — A. *Composition.* — Le comité directeur se compose de 15 délégués des exploitants et 15 délégués des ouvriers, élus dans le sein de l'assemblée générale, les uns par les représentants des exploitants, les autres par ceux des ouvriers « ou anciens », parmi eux ou parmi par les employés techniques. L'élection a lieu à la majorité absolue au premier tour et à la majorité simple au second, avec tirage au sort en cas de partage. Le mandat est de six années. Le comité est renouvelable par tiers tous les deux ans; les membres sortants sont rééligibles, mais peuvent se récuser pour une période. En général, sauf autorisation spéciale du comité, la récusation n'est possible que dans les cas où celle des fonctions de tuteur est permise. Tout délégué des patrons qui refuse d'accepter ou de continuer ses fonctions, perd le droit de vote; tout délégué des ouvriers qui se comporte de la sorte, perd en outre sa qualité d'ancien. Les exploitants, d'un côté, et les ouvriers, d'un autre, élisent huit suppléants pour les membres du comité.

Le comité élit dans son sein, en recourant au tirage au sort s'il y a partage, un président et trois vice-présidents. Le président a la direction générale de l'administration. Sa signature, accompagnée de celle d'un membre ou d'un employé du comité, doit être apposée au bas de

tous les actes. Le comité peut d'ailleurs décider que la signature du premier employé de l'association ou de son suppléant suffit.

Les séances du comité sont les unes ordinaires et fixées par le comité, les autres extraordinaires et convoquées par le président soit en cas de besoin, soit à la requête de dix membres; les convocations aux séances doivent être faites par écrit huit jours d'avance et accompagnées de l'indication de l'ordre du jour. Le comité délibère valablement si le nombre des membres présents est égal à la moitié du nombre total de ceux qui le constituent. Il prend ses décisions à la majorité absolue. En cas d'égalité de suffrages, le sujet est remis en discussion à la séance suivante, et s'il y a encore égalité, il est considéré comme écarté. Une indemnité spéciale est allouée aux membres indépendamment du remboursement de leurs dépenses. Il doit être dressé un procès-verbal de chaque séance.

B. *Attributions.* — Le comité représente l'association conformément à l'article 46, paragraphe 2 de la loi. Il est en outre chargé d'examiner les demandes de pension, de constituer des caisses secondaires, de nommer des vérificateurs de caisses, de décider la création de commissions auxquelles il confie l'étude de certaines affaires, de désigner les médecins, d'organiser le service médical et pharmaceutique, de nommer des employés, de régler le service des anciens. Il doit assurer l'observation de la loi et des statuts et exiger des agents de l'association les cautionnements légaux. Il a le droit de frapper d'amende de 5 à 20 marcs les exploitants contrevenants.

Le comité ne peut affecter des fonds à des dépenses étrangères aux services normaux de l'association que si ces dépenses sont dans l'intérêt de l'association ou de ses membres et que si elles sont décidées dans le Comité à une majorité des deux tiers des voix; toute dépense

périodique ou supérieure à 150 marcs doit être ratifiée par l'autorité minière.

2. Assemblée générale. — A. *Composition.* — L'assemblée générale se compose des représentants des exploitants et des anciens. Le comité a seul le droit de la convoquer; il doit le faire sur la demande écrite du tiers des voix soit des représentants des exploitants, soit de ceux des anciens, ou sur l'ordre de l'autorité de surveillance. Des assemblées générales ordinaires ont lieu tous les deux ans. Les convocations, accompagnées de l'ordre du jour, doivent être adressées deux semaines et, en cas de changement de statuts, quatre semaine à l'avance soit par remise directe et contre un récépissé, soit par la poste comme lettre recommandée.

Toute assemblée générale régulièrement convoquée peut délibérer quel que soit le nombre de ses membres, pourvu que les exploitants et les ouvriers soient représentés. Les délégués élus peuvent se faire remplacer par des mandataires munis d'une procuration écrite. Le président du comité la préside. Dans l'assemblée générale chaque délégué d'exploitant a autant de voix que l'exploitation qu'il représente compte de centaines d'ouvriers. Toutes les décisions sont prises à la majorité absolue : chaque catégorie de délégués vote séparément. Si les décisions relatives à une proposition sont différentes, celle-ci est tenue pour rejetée.

B. *Attributions.* — L'assemblée générale a pour mission de nommer les membres du comité et de rédiger ou de modifier les statuts de l'association.

3. Anciens. — A. *Nominations.* — L'ensemble du ressort de l'association est divisé en circonscriptions dont chacune doit compter de 400 à 600 membres y compris les invalides : chaque circonscription élit un ancien. Sont électeurs les ouvriers actifs et invalides de 1re classe et les employés de toute classe. Sont éligibles les membres

habitant dans la circonscription, âgés de 30 ans, non adonnés à la boisson, appartenant en qualité d'actif ou d'invalide à la 1re classe d'ouvrier ou à l'une des classes d'employés, sachant couramment lire, écrire et compter, ne tenant ni débit de boisson, ni auberge ni établissement profitant de la faveur du public, enfin jouissant d'une santé suffisante pour l'exercice de leurs fonctions. Le droit d'électorat doit être exercé personnellement : le scrutin est public ; il a lieu par voie de bulletin fermé. L'élection pour laquelle les le comité directeur adresse les convocations huit jours d'avance par voie d'affiches est dirigée soit par un membre du comité, soit par un employé de l'association. Si aucun électeur ne se présente, le comité nomme l'ancien. Sont déclarées élues les trois personnes qui obtiennent le plus grand nombre de voix, savoir : l'une comme ancien et les deux autres comme premier et second suppléants. La durée du mandat est de six ans : les membres sortants sont rééligibles. Le mandat expire avant cette période si le titulaire quitte l'association ou la circonscription, ou ne remplit plus les conditions d'éligibilité ou qu'il a contrevenu à plusieurs reprises aux statuts, ou négligé l'accomplissement de son service : Le 1er suppléant, puis, à titre subsidiaire, le 2e suppléant entre en fonctions. C'est le comité directeur qui prononce dans ce cas la suspension du mandat. Il peut en réduire la durée s'il se produit une suppression ou une réunion de circonscription.

B. *Attributions.* — Les anciens servent d'intermédiaires entre les assurés et le comité ; ils ont pour mission de représenter les assurés dans l'assemblée générale, de s'enquérir de toutes les branches de l'administration, de vérifier la comptabilité et d'en signaler les défauts au comité. Ils reçoivent une indemnité fixée par le comité, indépendamment du remboursement de leurs dépenses.

3° *Commission.* — Le comité peut décider la création de

commissions chargées d'examiner les affaires qui relèvent de sa compétence. Elles comprennent un nombre de membres au moins égal à quatre dont la moitié est désignée par le comité dans son sein, et l'autre élue directement par les anciens et par les représentants des exploitants de chaque circonscription. Chacune de ces fractions égales est composée moitié de délégués des exploitants, et moitié de délégués des ouvriers. Les membres de la commission, sont pourvus de suppléants. L'élection s'effectue comme dans le cas du comité directeur. Si aucun électeur ne se présente, le comité désigne lui-même les membres de la commission. Celle-ci délibère et statue comme le comité. En cas de partage, le débat est porté devant le comité : il en est de même à la requête d'un membre de la commission ou du commissaire de l'autorité minière.

6. ORGANISATION FINANCIÈRE.

1° Principes du système financier. — Les ressources de l'association sont de deux sortes : d'une part, celles qui alimentent la caisse de la loi des mines ; de l'autre, celles qui alimentent la caisse de la loi d'Empire : celles-ci, ne sont autres que les ressources prévues par la loi de 1889 ; quant à celles-là, les unes sont normales, les autres éventuelles : les premières se composent de cotisations périodiques ; les secondes, des intérêts des capitaux placés et des revenus des biens de l'association, des intérêts au taux de 5 p. 100 des cotisations en retard dues par les patrons, enfin des amendes. Ces ressources sont employées, d'une part, à assurer le service des allocations statutaires ; d'autre part, à constituer un fond de réserve.

A. **Constitution du fond de réserve.** — Les statuts reproduisent à cet égard la disposition du paragraphe 1 de l'article 21 de la loi d'Empire du 22 juin 1889, qui exige la

constitution d'un fonds de réserve égal au cinquième du capital correspondant aux charges probables : mais ils ne font pas usage de la faculté, accordée par le paragraphe 2 du même article, de porter au double le minimum légal de ce fonds.

B. **Détermination du tarif des cotisations.** — Les statuts contiennent deux tarifs de cotisation : l'un relatif à la caisse de la loi des mines, l'autre relatif à la caisse de la loi d'Empire. Ce dernier est identique à celui que la loi de 1889 (art. 96) a admis pour la première période de fonctionnement. Quant au premier, il est défini comme suit :

Les membres actifs payent une cotisation qui se décompose en une partie constante, qui correspond au service des pensions, et une partie variable déterminée chaque année en centièmes du salaire moyen de chaque classe d'assurés, qui correspond au service des secours de maladie. La partie fixe est par mois :

marcs.				
4,60	pour les employés de la		1re	classe;
3,30	id.	id.	2e	id.
2,90	pour les ouvriers de la		1re	id.
1,50	id.	id.	2e	id.

La valeur de la partie variable est déterminée d'après le budget annuel par le comité. Les cotisations doivent être majorées si elles ne suffisent pas à couvrir les dépenses statutaires.

2° **Calcul de la part contributive de chaque exploitation.** — Les patrons doivent verser de leurs propres deniers :

1° Pour la caisse de la loi des mines, 75 p. 100 de la cotisation des assurés (*).

(*) Cette somme n'est applicable que le 1er janvier 1894. Du 1er janvier 1893 au 1er janvier 1894, le taux est de 80 p. 100 à titre transitoire.

2° Pour la caisse de la loi d'Empire, une cotisation égale à celle des assurés.

En ce qui concerne cette dernière caisse, les statuts reproduisent les dispositions de la loi d'Empire.

En ce qui concerne l'autre, ils dispensent :

a) Des cotisations qui correspondent aux secours de maladie, les membres en congé dans tous les cas, les invalides uniquement lorsqu'ils travaillent dans une des exploitations de l'association.

b) Des cotisations qui correspondent au service des pensions, les ouvriers de 2e classe âgés de plus de 30 ans lors de leur entrée au travail.

3° **Procédure du recouvrement de la part contributive de chaque exploitation.** — Les exploitants doivent verser aux dates fixées les cotisations exigées par les statuts, et cela sous peine d'avoir à servir l'intérêt à 5 p. 100 des cotisations en retard depuis le premier jour du mois qui suit l'échéance. Ils doivent procéder au recouvrement des cotisations dues par leurs ouvriers : à cet effet, le comité doit faire examiner par un de ses membres à ce commis la liste des ouvriers, le journal des maîtres mineurs et l'état des salaires. Ils opèrent sur les salaires les retenues convenables, les inscrivent sur le livre de salaire et les transmettent à la caisse avec leurs propres cotisations. Les cotisations en retard sont perçues par voie administrative : en cas d'absence de payement, l'état des sommes exigibles doit être soumis à l'autorité minière qui le déclare exécutoire et statue à titre définitif sur les recours. Les patrons sont responsables vis-à-vis de la caisse, de l'exécution de ces prescriptions.

Les employés et les ouvriers de 1re classe, en congé ou en chômage, doivent pourvoir eux-mêmes au versement de leurs cotisations : ils payent soit la cotisation de congé, soit la cotisation totale (y compris la cotisation d'exploitant).

Les cotisations sont toujours payées par mois entiers. Si un membre quitte le service dans le courant d'un mois, le calcul et le recouvrement de la cotisation ont lieu dans l'exploitation qu'il a quittée.

4° **Comptabilité de l'association.** — L'association comprend deux caisses : la caisse de la loi des mines ; la caisse de la loi d'Empire.

La 1re caisse comporte à son tour trois subdivisions :

a) Caisse de maladie ;

b) Caisse de pension ;

c) Réserve.

La caisse de maladie fournit les secours de maladie et les indemnités funéraires des membres actifs ; elle reçoit les cotisations destinées à fournir les secours de maladie qui ont été définis plus haut. La caisse de pension fait le service des pensions aux invalides, aux veuves et aux orphelins, ainsi que celui des allocations extraordinaires ; elle reçoit toutes les cotisations normales autres que celles qui alimentent la caisse de maladie. La réserve, qui se compose de l'avoir existant, reçoit toutes les ressources éventuelles ainsi que l'excédent de recettes de la caisse de maladie et de la caisse de pension.

La 2e caisse, ou caisse de la loi d'Empire, reçoit les cotisations et possède le fonds de réserve prévus par cette loi ; elle fait le service des allocations correspondantes.

Les frais d'administration de l'association sont répartis également entre la 1re et la 2e caisse, et la part qui incombe à la 1re est à son tour répartie également entre la caisse de maladie et la caisse de pension.

La comptabilité de chacune de ces diverses caisses doit être distincte.

Les recettes et les dépenses de l'association doivent faire l'objet de relevés dont le comité vérifie et établit les bases. L'état de recettes et dépenses est mis à la

disposition des exploitants et des anciens, et soumis à l'autorité de surveillance. Le compte annuel est clos le 31 décembre, et présenté, avant le 1er avril, au comité qui fait procéder à un examen technique, et avant d'en donner décharge le met pendant le mois de juillet à la disposition des exploitants et des anciens. De plus, un extrait du compte, accompagné d'un état de l'avoir, doit être affiché sur toutes les fosses de l'association et remis à chaque exploitant, ainsi qu'à chaque ancien. Les caisses doivent être vérifiées tous les mois. Les placements de fonds disponibles sont régis par les dispositions de l'article 76 de la loi sur l'assurance des ouvriers contre les accidents. Toute mesure relative à la réserve doit être décidée par le comité à une majorité des 2/3 des voix et approuvée par l'autorité de surveillance.

7. SURVEILLANCE DE L'ASSOCIATION PAR L'ÉTAT.

La surveillance de l'État sur l'association est exercée par l'autorité minière. Celle-ci nomme un commissaire investi du droit d'assister à toutes les séances du comité et des commissions qui doivent lui être notifiées huit jours d'avance avec indication de l'ordre du jour, et de suspendre l'exécution des décisions antistatutaires : il doit faire part immédiatement à l'autorité minière de toute suspension. Le comité doit permettre, à toute époque, à cette autorité et au commissaire l'inspection des procès-verbaux des séances et de la comptabilité, et lui fournir les données nécessaires à l'établissement de la statistique minière.

8. RAPPORTS DE L'ASSOCIATION AVEC D'AUTRES ASSOCIATIONS MINIÈRES.

L'association peut conclure avec d'autres associations minières des contrats en vue de permettre le passage des

membres d'une association dans une autre sans perte du temps de service, ni obligation de payer un droit d'enregistrement. Le comité, appelé à négocier ces contrats, peut également conclure des conventions en cas de fusion d'autres associations avec l'association de Bochum.

9. CONFLITS.

Un tribunal arbitral est institué conformément à la loi d'Empire du 22 juin 1889 : il a son siège à Bochum. Les statuts autorisent d'ailleurs le comité à en instituer d'autres pour certains districts de l'association, avec la permission de l'autorité minière. Ces statuts rappellent les dispositions légales qui régissent ce tribunal : il suffit de signaler celles qui sont spéciales à l'association minière de Bochum.

Le président et le vice-président sont désignés par le ministre du Commerce et de l'Industrie, parmi les fonctionnaires royaux des mines. Les assesseurs sont nommés par le comité, moitié parmi les délégués des ouvriers et moitié parmi ceux des exploitants, dans des votes séparés rendus à la majorité simple. Les frais du fonctionnement du tribunal ainsi que ceux de la procédure, sont supportés par l'association. Le tribunal peut toutefois imposer ces derniers frais lorsque ils résultent d'une proposition de preuves qui n'ont pu être administrées : le président et le vice-président ne peuvent recevoir aucune indemnité de l'association.

D'autre part, les recours contre les décisions du comité sont organisés comme suit : l'appel est interjeté au premier degré devant l'autorité minière de Dortmund et au second devant le ministre du commerce et de l'industrie, chaque recours devant, pour être admissible, être formé dans un délaî de 4 semaines.

10. DISPOSITIONS TRANSITOIRES.

Les nouveaux statuts s'appliquent pour le service des secours aux assurés déjà invalides.

Les anciens statuts répartissaient les assurés en trois classes : les ouvriers de la 2e et de la 3e classe des anciens statuts qui peuvent encore passer dans les classes supérieures des nouveaux statuts, conservent le droit de passer à la 1re, pendant l'année qui suit l'entrée en vigueur des statuts. Ceux de la 2e classe des anciens statuts qui ne peuvent plus passer à la 1re classe des nouveaux statuts conservent leurs anciens droits moyennant le versement de cotisations à fixer par le comité. Enfin, ceux de la 3e classe des anciens statuts qui, à l'époque de l'entrée en vigueur des nouveaux statuts, étaient exclus du droit à pension, sont dispensés de cotisations à la caisse de pensions.

§ 2.— CAISSE DE PENSIONS MINIÈRES POUR LE NORD DE L'ALLEMAGNE

La *Caisse de pensions minières du Nord de l'Allemagne*, qui a son siège à Halle sur la Saale, fait le service de l'assurance pour un grand nombre d'associations minières des districts miniers (Oberbergamstbezirke) de Halle et de Clausthal et pour quelques-unes des associations minières des États voisins.

Un statut spécial la régit, mais en même temps les statuts des associations minières qui y sont affiliées ont dû être modifiés, et à cet effet un statut-type a été rédigé pour celles-ci. Nous analyserons successivement ces deux statuts.

A. *STATUTS DE LA CAISSE DE PENSIONS.*

1° DÉFINITION ET ROLE DE LA CAISSE.

Elle a été instituée par 17 associations : c'est le 18 décembre 1890 que le Conseil fédéral en a approuvé les statuts, et c'est le 1er janvier 1891 qu'elle a commencé à fonctionner; elle comprend aujourd'hui 18 associations. Ce qui la caractérise essentiellement, c'est qu'au lieu d'avoir pour membres les ouvriers ou employés eux-mêmes, elle a pour membres les associations minières qui les comprennent. Aussi ce sont les associations qui doivent payer les cotisations : ce sont elles, et non les patrons, qui doivent en prélever le montant sur les ouvriers ; c'est par leur intermédiaire que la caisse doit faire aux ayants-droit le service des pensions. Toutefois, l'application exclusive de ces principes pourrait conduire à de graves difficultés. Pour y remédier, les statuts confèrent à l'autorité de surveillance le droit de décider que les cotisations seront payées directement par les patrons à la caisse de pensions sans recourir à l'intermédiaire de l'association. De plus, les assurés ont le droit d'adresser directement à la caisse les demandes de pensions et de faire valoir en personne leurs droits devant le tribunal arbitral et l'Office impérial des assurances.

En un mot, la caisse de pensions du Nord de l'Allemagne n'est pas, comme la caisse de pensions saxonne, dont il est question plus loin, le résultat de la réunion de caisses ou associations préexistantes : c'est un organe indépendant qui, en laissant subsister les associations préexistantes, jouit des droits d'une personne juridique. Aussi a-t-elle dû se conformer à la législation en vigueur sur les sociétés d'assurances et remplir les formalités exigées par la loi prussienne du 17 mai 1853, relative à ces sociétés. Les

associations préparent les documents, mais c'est la caisse de pensions seule qui les présente et les défend devant l'Office impérial, le commissaire d'État et les autres établissements d'assurance. C'est la caisse qui délivre les certificats exigés par la loi, fixe le taux des pensions, statue sur la cessation du service de celles-ci, ainsi que sur la restitution des cotisations ; devant le tribunal arbitral et l'office impérial, elle joue le rôle de demandeur ou de défendeur.

Dans les limites de sa sphère d'action, elle peut utiliser les associations qui y sont affiliées à titre d'organe d'administration intérieure et leur confier en cette qualité certaines fonctions. Ce sont elles qui font les frais du 1er établissement de la caisse, sauf imputation de ces dépenses sur les cotisations ultérieurement exigibles. Ces obligations résultent des statuts de chaque association, dont les statuts de la caisse de pensions font partie intégrante. Chaque association doit donc observer ces derniers comme les siens, et sous peine de l'application des mesures prévues par la loi sur les mines, en cas de violation des statuts.

2° ÉTENDUE DE L'ASSURANCE.

L'assurance ne s'étend pas à tous les membres des associations minières qui sont affiliées à la caisse de pensions, mais seulement à ceux qui sont soumis aux prescriptions de la loi d'Empire du 22 juin 1889. On peut donc être membre de ces associations sans être membre de la caisse.

3° OBJET DE L'ASSURANCE.

L'objet de l'assurance n'est autre que celui qui est défini par la loi d'Empire du 22 juin 1889.

4° ORGANISATION ADMINISTRATIVE ET FINANCIÈRE DE LA CAISSE.

Les organes, chargés de l'administration de la caisse de pensions sont : un comité directeur, un conseil de surveillance, une assemblée générale. Les seules dispositions particulières à mentionner sont les suivantes :

Le comité est chargé de toutes les fonctions qui ne sont pas réservées aux autres organes. Il se compose de deux ou plusieurs membres élus par le conseil de surveillance; il fait tous les actes de gestion de la caisse sous le couvert de la signature de deux de ses membres. Les membres du comité reçoivent un traitement sur les fonds de la caisse de pensions.

Le conseil de surveillance se compose de dix membres, élus pour cinq ans et rééligibles par l'assemblée générale, et dont cinq sont désignés par les représentants des exploitants et cinq par ceux des assurés. Le président, élu par le conseil, préside l'assemblée générale; il doit convoquer le conseil à la demande du comité ou de trois de ses membres. Le commissaire d'État doit être convoqué. Les convocations doivent être écrites et accompagnées de l'ordre du jour. Le conseil délibère valablement lorsque le nombre des membres présents, y compris le président et le vice-président est égal au tiers du nombre des membres qui le constituent. Il statue à la majorité simple; la voix du président est prépondérante en cas de partage. Le conseil a pour mission de nommer les membres du comité et les employés chargés de les seconder, de fixer leur traitement et de déterminer l'ordre du jour des travaux du comité.

L'assemblée générale peut élire une commission de trois membres destinée à représenter la caisse vis-à-vis du comité soit en justice, soit extrajudiciairement.

L'assemblée générale se compose de toutes les associations minières affiliées à la caisse, représentées chacune par un délégué patronal et un délégué ouvrier, élus pour cinq ans, et ayant chacun autant de voix que l'exploitation compte de fois 2.000 membres. Les décisions sont prises à la majorité simple dans chacune des deux classes de délégués. L'assemblée générale est chargée, d'élire les membres du conseil de surveillance et ceux du tribunal arbitral, d'examiner le compte annuel, de fixer le taux des cotisations, de statuer sur les modifications de statuts et sur les mesures à prendre en vue de surveiller le fonctionnement de la caisse. L'assemblée générale se réunit au moins une fois par an et toutes les fois que le quart des associations minières le demande. L'assemblée générale peut délibérer si le commissaire d'État et toutes les associations ont été convoqués et que la moitié des délégués patronaux et la moitié des délégués ouvriers s'y trouvent, le nombre des membres présents étant au moins égal à trois. Les élections au sein de l'assemblée générale s'effectuent dans les formes définies par l'assemblée elle-même, à l'exception de celle des membres du conseil qui doit avoir lieu par bulletin.

Les frais du tribunal arbitral sont supportés par la caisse ; le président et le vice-président de ce tribunal n'ont droit à aucune indemnité de la caisse.

Le placement des fonds ne peut s'opérer que conformément à l'article 76 de la loi d'assurance contre les accidents.

Les autres dispositions ne sont que la reproduction des dispositions correspondantes de la loi d'Empire.

4° SURVEILLANCE DE LA CAISSE PAR L'ÉTAT.

La surveillance est exercée, au premier degré, par l'autorité minière de Halle, et au second par le ministre

prussien du Commerce et de l'Industrie, puisque la caisse est un établissement d'assurance qui a obtenu la reconnaissance officielle en Prusse.

B. *STATUT-TYPE DES ASSOCIATIONS MINIÈRES AFFILIÉES A LA CAISSE DE PENSIONS.*

La situation relative de la caisse de pensions, d'une part, et des associations qui lui sont affiliées, d'autre part, exigeait un remaniement de leurs statuts ; il fallait, en effet, par des dispositions spéciales de ces statuts, définir les catégories de membres qui devaient être appelées, moyennant une cotisation convenable, au bénéfice de la caisse de pensions, prescrire le prélèvement des cotisations à verser à cette caisse et l'imputation des pensions servies par celle-ci sur les anciennes allocations statutaires.

L'autorité minière estima d'ailleurs qu'il y avait intérêt à uniformiser, dans la mesure du possible, les statuts de ces associations, et M. le D[r] Arndt, *Oberbergrath* et *Justitiar* de l'office des mines de Halle sur la Saale, fut chargé de la rédaction d'un statut-type (*),

Ce statut-type, approuvé au mois d'août 1891 par les représentants des associations minières intéressées et par ceux de l'autorité de surveillance, mérite une analyse détaillée. Il a essentiellement pour objet de compléter et de modifier le statut-type adopté en 1884 par l'Union minière allemande, et se référant à ce dernier en ce qui concerne l'administration, la surveillance et les dispositions transitoires il se borne à l'examen des dispositions qui concernent la définition et le rôle de l'association,

---

(*) Ce statut-type, étudié avec un soin remarquable par M. le docteur Arndt, est appelé à rendre de grands services non seulement aux associations du district minier de Halle, mais encore à celles de l'Allemagne entière.

l'étendue et l'objet de l'assurance, les conditions et la formalité de la participation.

1° DÉFINITION ET ROLE DE L'ASSOCIATION.

L'association a pour objet d'assurer à ses membres le bénéfice des allocations prévues tant par la loi sur les mines que par la loi d'assurance contre la maladie du 15 juin 1883, et de servir d'intermédiaires entre eux et la caisse de pensions du Nord de l'Allemagne.

2° ÉTENDUE DE L'ASSURANCE.

Sont membres de l'association, sans condition d'âge ni de sexe, tous les ouvriers des entreprises contenues dans le ressort de l'association; ces entreprises étant non seulement les exploitations minérales proprement dites, mais encore les entreprises qui s'y rattachent, sans être soumises à la surveillance de l'autorité minière, sur la requête commune des patrons et des ouvriers.

Le statut-type de 1891 est donc plus formel que celui de 1884 en ce qui concerne le sexe de l'assuré. L'assurance est d'ailleurs facultative pour les employés soit des exploitations soit de l'association, et cela quel que soit leur salaire. Toutefois, ceux dont le salaire est supérieur à 2.000 marcs ne peuvent s'affilier à la caisse de pensions du Nord de l'Allemagne; il en est de même des employés de l'État. L'assurance facultative n'est en effet possible qu'auprès des établissements d'assurance d'État, au nombre desquels ne se trouve point cette caisse.

3° CONDITIONS ET FORMALITÉS DE LA PARTICIPATION.

Le statut-type de 1891 conserve les dispositions de celui de 1884 au sujet de l'admission des membres en les com-

plétant à l'aide des dispositions de la loi d'assurance du 15 juin 1883 relatives aux déclarations d'entrée et de sortie.

Le statut répartit les membres en actifs et inactifs.

Les membres actifs sont répartis, d'après leur salaire, en cinq classes caractérisées chacune par un salaire moyen.

CLASSE	LIMITES DU SALAIRE	SALAIRE normal annuel	SALAIRE quotidien moyen
		marcs	marcs
I.......	350 marcs et au-dessous...	300	1,00
II.......	De 350 à 550 marcs........	450	1,50
III......	550 850	790	2,30
IV......	850 1.200	1.020	3,40
V.......	Au-dessus de 1.200	1.200	4,00

Cette classification, dont les quatre premiers termes sont empruntés à la loi de 1889, se prête parfaitement à l'application de la loi d'assurance contre la maladie du 15 juin 1883, qui (art. 74) prévoit comme base des secours pécuniaires le salaire quotidien moyen.

La répartition entre ces classes est opérée, sur la proposition des exploitants, par le comité directeur de l'association. Les passages dans des classes plus élevées ont lieu tous les ans en décembre. Les propositions sur ce sujet doivent être faites au comité par les exploitants. Quiconque a 65 ans d'âge ou 45 ans de service ne peut plus obtenir aucune élévation de classe. Le passage à une classe moins élevée n'est possible que du consentement de l'intéressé.

Les membres inactifs se divisent en membres en chômage et membres pensionnés.

Les membres pensionnés comprennent :

a) Les invalides de l'association minière comprenant à leur tour des invalides proprement dits et des demi-invalides ;

b) Les invalides de la caisse de pensions du Nord de l'Allemagne.

La distinction entre les membres stables et les mem-

bres instables a subsisté ; il est vrai que les instables qui, d'après le statut-type de 1884, n'ont droit à une pension qu'en cas d'accident, peuvent, d'après celui de 1891, prétendre à la pension de vieillesse à partir à l'âge de 70 ans dans tous les cas ; néanmoins, ils se distinguent encore des instables en ce qu'en dehors des cas d'accidents du travail, ils n'ont droit à la pension d'invalidité que s'ils remplissent les conditions exigées par le paragraphe 3 de l'article 9 de la loi de 1889, qu'ils n'ont aucun droit légal aux pensions de veuve et d'orphelins, que le tarif de leurs pensions est inférieur à celui des stables et qu'ils ne prennent point part à l'administration de la caisse.

Les conditions à remplir pour acquérir la qualité de membres instables sont celles qu'indique le statut de 1891 ; toutefois le caractère de permanence de l'occupation n'est plus exigé, la loi d'assurance contre la maladie et la loi sur les mines n'imposent pas pour la participation à l'assurance cette condition qui se retrouve au contraire dans la loi d'assurance contre les accidents et que la loi d'assurance-invalidité autorise le conseil fédéral à appliquer ; cette diversité dans les lois a conduit à adopter la mesure la plus favorable à l'ouvrier.

Les conditions à remplir pour acquérir la qualité de membre stable sont celles du statut de 1884, en ajoutant à l'épilepsie, l'ivrognerie et l'audition difficile. Toutefois la taxe imposée par ce statut aux membres admis à un âge supérieur à 30 ans, n'a pas été maintenue dans celui de 1891 ; il en est de même du caractère rétroactif de l'effet de la constatation de l'épilepsie. Le statut de 1891 supprime également la disposition de celui de 1884 au sujet des membres instables qui négligent de faire valoir leur droit à l'obtention de la qualité de membres stables ; cette disposition avait été très discutée lors de la rédaction du statut de 1884.

Les membres admis dans le groupe des stables payent une taxe de 1 marc, en échange de laquelle ils reçoivent

un livret contenant un exemplaire des statuts et un billet d'admission; si le livret est perdu ou mis hors d'usage, ils en obtiennent un nouveau pour 50 pfennigs.

Les membres stables doivent, sous peine d'une amende de 1 marc, aviser, dans un délai de trois jours, l'ancien compétent, de leur entrée au service ou de leur départ d'une exploitation affiliée à l'association. Ils doivent en outre, ainsi que les invalides et les veuves, lui faire part, dans un délai de huit jours, de tout événement ayant quelque influence sur leurs droits et cela sous peine de la même amende.

Les membres instables reçoivent un extrait des statuts de l'association et de ceux de la caisse de pensions.

Le statut de 1891 a modifié les conditions fixées par celui de 1884 pour la perte de la qualité de membre instable ou de membre stable.

En ce qui concerne les instables, le statut ne leur réserve en cas de départ, aucun autre droit que celui de recevoir les secours statutaires auxquels ils peuvent prétendre en raison d'une maladie déjà commencée; la loi sur les mines n'oblige pas l'association à leur conserver un droit quelconque, et la loi du 22 juin 1889 va même jusqu'à l'interdire; d'après cela, les rédacteurs du statut ont cru devoir formuler la déchéance des membres instables dès qu'ils abandonnent le travail, en considérant comme la continuation de celui-ci la maladie contractée avant l'abandon de l'exploitation.

Quant aux membres stables, à deux des cas de déchéance déjà prévus pour ces membres par le statut-type de 1884, savoir : passage à d'autres associations et privation des droits civils, le statut-type de 1891 ajoute :

a) La continuation volontaire du service militaire;

b) Le départ volontaire lorsqu'il s'agit de membres dont l'affiliation n'était pas obligatoire;

c) La tentative ou l'exécution d'un dommage frauduleux à la caisse;

d) L'abandon du travail sans déclaration de congé; cette déclaration est un avis qui doit être adressé au comité dans un délai d'un mois, en vue d'informer ce dernier de l'intention de jouir des droits qui seront définis ci-après.

De plus, au lieu de laisser intact pour les membres stables le droit aux secours de toute nature, s'ils continuent à payer des cotisations, comme le prévoyait le statut-type de 1884, le statut-type de 1891 a limité ce droit à la pension d'invalide, de veuve et d'orphelin. En effet, il a craint les abus qui peuvent résulter du service des secours de maladie à des personnes éloignées du siège de l'association et échappant à toute surveillance; d'autre part, il a pensé que les associations minières n'ont pas pour objet d'assurer la continuation de l'assurance à des membres qui ne travaillent plus et, du reste, si le membre ne reste pas sans travail, la nécessité pour l'association de continuer le service de l'assurance est devenue moins impérieuse que lors de la rédaction du statut-type de 1884 : à cette époque, en effet, la loi de 1889 n'assurait pas encore une pension à tout ouvrier. S'il est d'ailleurs juste de respecter les droits acquis, le statut-type de 1891 croit y pourvoir suffisamment en déclarant le maintien du droit déjà acquis moyennant une cotisation mensuelle de 50 pfennigs.

C'est également en raison des avantages résultant pour les ouvriers de la loi de 1889 que le statut-type de 1891 croit pouvoir supprimer la faculté de continuer à l'expiration du congé l'assurance contractée avant le début de ce dernier, ainsi que la faculté d'augmenter la valeur de la pension par des cotisations supplémentaires.

Une exception est toutefois prévue en faveur de la veuve et de l'orphelin du membre stable déclaré déchu par suite de privation des droits civils : des secours peuvent leur être accordés.

Le statut-type de 1891 dispose d'ailleurs formellement

que l'assurance, dont la loi de 1889 prévoit la continuation éventuelle (art. 117) auprès des établissements d'Empire, ne peut être prolongé auprès de la caisse de pensions du nord de l'Allemagne qui ne figure pas au nombre de ceux-ci.

Les membres stables en prison doivent payer pendant la durée de leur peine leurs cotisations personnelles et celles de l'exploitant sans avoir aucun droit aux secours pour leur propre personne. Le comité peut leur accorder pour le paiement de leur cotisation un délai se terminant à l'expiration de leur peine.

4° OBJET DE L'ASSURANCE.

L'objet de l'assurance est défini comme dans le statut de 1884.

1. TAUX DE SECOURS

A la différence du statut de 1884, le statut de 1891 autorise le comité à allouer aux membres instables le service des pensions des membres stables s'ils ont appartenu pendant une durée ininterrompue de 15 ans à l'association.

1° *Secours de maladie.* — Le taux de secours de maladie est réglé comme dans le statut de 1884. Toutefois : 1° la durée des secours est de six mois, tant pour les stables que les instables, le comité pouvant la porter à un an;

2° Si l'incapacité dure plus de dix jours, le secours pécuniaire est alloué pour les trois premiers jours de maladie;

3° Les demi-invalides, c'est-à-dire ceux qui sont encore susceptibles de quelque travail dans les entreprises de l'association, reçoivent, en cas de maladie, la moitié du secours de maladie de la classe à laquelle ils appartenaient lors du début du service de leur pension, et au minimum la moitié du salaire de la localité;

4° Les femmes en couches qui sont des membres instables de l'association reçoivent le secours pécuniaire pendant les trois semaines qui suivent leur délivrance; s'il survient une maladie, elles touchent ce secours pendant un temps plus prolongé;

5° Les femmes et les enfants légitimes ou légitimés, âgés de moins de 14 ans, des membres stables ou des invalides, les invalides qui reçoivent une pension d'accident, ainsi que les veuves et orphelins qui reçoivent une pension, ont droit à la gratuité du traitement, pourvu qu'ils n'appartiennent, en raison de leur occupation, à aucune autre caisse qui le leur assure et qu'ils habitent dans le ressort d'un médecin de l'association. Si le médecin juge nécessaire leur transport à l'hôpital, le comité peut, sans y être obligé, accorder un secours pour subvenir à ces dépenses; il peut également accorder un secours pour le payement des lunettes, bandages, etc. Les femmes perdent ce droit si elles vivent séparées de leur mari, les enfants s'ils quittent la maison paternelle, et les invalides dès que cesse le service de leur pension.

2° *Indemnité funéraire.* — En déclarant avec le statut de 1884 l'indemnité funéraire égale à vingt fois le salaire moyen de la classe, le statut de 1891 lui impose comme minimum vingt fois le salaire de la localité.

3° *Pension d'invalide.* — Une pension d'invalide est accordée :

a) A tous les membres victimes d'accident, sous réserve des dispositions de la loi d'assurance contre les accidents;

b) Aux membres stables en cas d'incapacité dont la durée se prolonge au delà de la durée statutaire des secours de maladie; ou, sans autre condition, lorsqu'ils ont atteint l'âge de 65 ans;

c) Si le comité le décide, aux membres instables qui appartiennent depuis 15 ans à l'association.

Le tarif de la pension est le suivant :

a) Pour les instables, en cas d'accident, 15 marcs par mois;

b) Pour les stables une pension tarifée d'après la durée du service comme membre stable, et, en cas d'accident, au moins égale à 15 marcs.

Cette pension se compose d'ailleurs de deux éléments :

1° L'un résulte de l'assurance contractée auprès de la caisse de pensions du nord de l'Allemagne;

2° L'autre de l'assurance contractée auprès de la caisse de l'association.

En effet, en vertu de l'article 36 de la loi du 22 juin 1889, l'association peut réduire, de la totalité ou d'une fraction de la pension prévue par cette loi, la pension statutaire. Considérant que les assurés versent la moitié des cotisations à la caisse de pensions, le rédacteur du statut a pensé qu'il convenait de leur laisser le bénéfice de la moitié de la pension allouée par cette caisse. La réduction autorisée par l'article 36 de la loi se borne donc à la moitié de la pension servie par la caisse de pensions, dont l'autre moitié profite à l'association. En un mot, la pension effective touchée par un membre de l'association affilié à la caisse de pensions se compose de la somme des deux éléments suivants :

1° La pension statutaire de l'association;

2° La moitié de la pension légale servie par la caisse de pensions. Toutefois, comme la pension légale peut être supérieure au double de la pension statutaire, le statut prescrit que jamais la pension effective ne doit être inférieure à la pension légale.

La pension statutaire est d'ailleurs définie par le statut de la manière suivante : elle est, pour les dix premières années, égale au quart du salaire normal de la classe correspondante et croit, pour chacune des années suivantes, d'un centième de ce salaire. On obtient ainsi le tarif suivant :

NOMBRE d'années de service	CLASSE I — SALAIRE NORMAL ANNUEL 300 marcs			CLASSE II — SALAIRE NORMAL ANNUEL 450 marcs			CLASSE III — SALAIRE NORMAL ANNUEL 690 marcs			CLASSE IV — SALAIRE NORMAL ANNUEL 1.020 marcs			CLASSE V — SALAIRE NORMAL ANNUEL 1.200 marcs		
	Pension statutaire de l'association	Moitié de la pension légale de la caisse	Pension effective annuelle	Pension statutaire de l'association	Moitié de la pension légale de la caisse	Pension effective annuelle	Pension statutaire de l'association	Moitié de la pension légale de la caisse	Pension effective annuelle	Pension statutaire de l'association	Moitié de la pension légale de la caisse	Pension effective annuelle	Pension statutaire de l'association	Moitié de la pension légale de la caisse	Pension effective annuelle
	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs
0	75	»	75,00	112,50	»	112,50	172,50	»	172,50	255,00	»	255,00	300	»	300.00
5	75	57,60	132,60	112,50	62,80	175,30	172,50	66,70	239,20	255,00	71,90	326,90	300	71,90	371,90
10	75	60,20	135,20	112,50	70,60	183,10	172.50	78,40	250,90	255,00	88,80	343,80	300	88,80	388,80
15	90	62,80	152,80	135,00	78,40	213,40	207,00	90,10	297,10	306,00	105,70	411,70	360	105,70	465,70
20	105	65,40	170,40	157,50	86,20	243,70	241,50	101,80	343,30	357,00	122,60	479,60	420	122,60	542,60
25	120	68,00	188,00	180,00	94,00	274,00	276,00	113,50	389,50	408,00	139,50	547,50	480	139,50	619,50
30	135	70,60	205,60	202,50	101,80	304,30	310,50	125,20	435,70	459,00	156,40	615,40	540	156,40	696,40
35	150	73,20	223,20	225,00	109,60	334,60	345,00	136,90	481,90	510,00	173,30	683,30	600	173,30	773,30
40	165	75,80	240,80	247,50	117,40	364,90	379,50	148,60	528,10	561,00	190,20	751,20	660	190,20	850,20
45	180	78,40	258,40	270,00	125,20	395,20	414,00	160,30	574,30	612,00	207,10	819,10	720	207,10	927,10
50	195	81,00	276,00	292,50	133,00	425,50	448,50	172,00	620,50	663,00	224,00	887,00	780	224,00	1.004,00

Toute année de service commencée compte comme une année entière.

Les membres stables n'ont droit à la pension d'une classe supérieure à celle dans laquelle ils ont été admis que s'ils ont appartenu à cette classe pendant les cinq dernières années ; sinon ils n'ont droit qu'à la pension de la classe immédiatement inférieure.

Le statut de 1891, comme celui de 1884, prévoit l'institution de demi-invalides et la réduction de moitié des secours statutaires pour les invalides qui obtiennent par leur travail une rémunération supérieure à la pension. Toutefois il exclut les employés du bénéfice de la demi-invalidité et limite aux demi-invalides, qui ont travaillé d'une façon ininterrompue dans les exploitations de l'association, le bénéfice de la pension totale d'invalidité en cas d'incapacité totale de travail.

Le temps passé sous les drapeaux est compté aux membres stables comme temps de service, mais les pensions militaires sont déduites des pensions d'invalides, de veuves et d'orphelins.

4° *Pension de veuve.* — La veuve d'un membre ayant droit à pension ou invalide reçoit jusqu'à sa mort ou son remariage une pension égale à la moitié de celle à laquelle le mari aurait eu droit. Comme le statut de 1884, le statut de 1891 alloue à la veuve qui se remarie le montant intégral de la pension d'une année, sans que cette allocation puisse être inférieure à 150 marcs.

5° *Pension d'orphelin.* — Les orphelins au-dessous de 14 ans accomplis, légitimes ou légitimés, d'un membre qui avait droit à la pension d'invalide, reçoivent une pension mensuelle de 2 marcs,5, de 3, 4, 5 ou 6 marcs, suivant que le père était instable ou appartenait à la 1re classe, ou qu'il appartenait à la 2e, à la 3e, à la 4e ou à la 5e classe. Cette pension est double si la mère est également décédée. Les orphelins infirmes, incapables de pourvoir à

leur propre subsistance, peuvent, par ordre du comité, recevoir la pension à un âge supérieur à 14 ans jusqu'à ce qu'ils soient rétablis ou en état de pourvoir eux-mêmes à leur subsistance; pour les orphelins de cette catégorie n'ayant ni père ni mère, le comité peut, dans des cas spéciaux, porter la pension à une fois et demie sa valeur normale.

6° *Allocations extraordinaires.* — Le statut de 1891 prévoit, comme celui de 1884, des allocations extraordinaires; mais il spécifie qu'elles doivent être demandées par l'exploitant et par l'ancien.

2. DROIT AU SECOURS.

Pendant la durée du service militaire tous les droits de l'assuré sont suspendus pour sa personne, et ses ayants-droit ne peuvent prétendre qu'à la gratuité des soins médicaux et pharmaceutiques, tant qu'ils habitent dans le district d'un médecin de l'association.

En cas de convocation de membres stables à une mobilisation, leurs femmes et leurs enfants au-dessous de 14 ans peuvent recevoir, pour la durée de la convocation, un secours fixé dans chaque cas par le comité. S'ils perdent par suite de blessures la capacité de travail ou meurent en campagne, l'intégralité des secours statutaires est allouée, soit à eux-mêmes, soit à leurs ayants-droit.

1° *Secours de maladie.* — Les cas de réduction ou de déchéance sont les mêmes que ceux que spécifie le statut de 1884. Le statut de 1891 exige en outre que les membres qui ont déjà contracté une assurance avant d'entrer dans l'association en fassent la déclaration au comité de celle-ci, sous peine d'une amende pouvant atteindre 1 marc pour chaque jour pendant lequel ils ont reçu des secours des deux caisses.

La simulation et l'inobservation des prescriptions sta-

tutaires relatives à la conduite des malades, peuvent être punies par le comité d'amendes de 5 marcs au maximum.

2° *Indemnité funéraire.* — Les membres qui ne travaillent pas sont seuls privés de l'indemnité funéraire.

3° *Pensions d'invalides.* — Les cas de déchéance sont les mêmes que ceux que prévoit le statut de 1884. De plus, le droit à la pension servie aux membres de l'association est enlevé à toute personne qui a refusé de se laisser transporter à l'hôpital et dont l'incapacité de travail est attribuée par le médecin à ce refus. La pension n'est servie pendant la durée d'un emprisonnement que si l'assuré est marié ou a des enfants au-dessous de 14 ans ou est l'unique soutien de proches indigents. En cas de peine entraînant la perte des droits civils, l'invalide est déchu de tout droit à la continuation du service de sa pension.

4° *Pensions de veuves.* — Les cas de déchéance prévus par le statut de 1884 se retrouvent dans le statut-type de 1891, qui y ajoute le cas de la privation des droits civils pour la veuve et celui d'un accouchement illégitime.

5° *Pensions d'orphelins.* — Les dispositions du statut de 1891 ne sont autres que celles du statut de 1884; toutefois il assimile aux enfants légitimes les légitimés.

3. MODE DE DISTRIBUTION DES SECOURS.

Le statut-type de 1891 dispose que tous les secours sont payés par l'intermédiaire des chefs d'entreprise.

1° *Secours de maladie.* — Il complète, après les avoir reproduites, les dispositions du statut de 1884. C'est ainsi qu'il prévoit que le secours pécuniaire n'est alloué que sur le vu des certificats de l'exploitant, de l'ancien et du médecin de l'association. Ces certificats doivent indiquer la nature de la maladie, la date du début et la durée

de celle-ci, et constater l'absence de cas de déchéance et l'existence et l'époque du début de l'incapacité de travail. Le payement du secours en argent n'a lieu que pour la période écoulée depuis le début de la maladie. Tout membre qui reçoit le secours en argent doit, dès que le médecin le déclare capable de travailler, en aviser l'exploitant et l'ancien, et restituer le billet de malade.

De plus, si un membre tombe malade ou est blessé au cours de son travail et ne peut se rendre ni à domicile ni à l'hôpital, les frais de transport sont supportés par l'association; les frais de garde de ces malades, qui sont absolument nécessaires et que le concours des parents ne peut éviter, sont également payés par l'association.

2° *Indemnité funéraire.* — L'indemnité funéraire est allouée dans les conditions prévues par le statut de 1884.

3° *Pension d'invalide.* — Toute demande de pension d'invalide doit être adressée par l'intermédiaire de l'ancien au comité, accompagnée d'un avis du médecin sur l'état et le degré d'incapacité de l'assuré et d'un avis favorable du dernier chef d'entreprise de l'intéressé. Les contestations sont réglées comme sous le régime du statut de 1884. Le payement de la pension a lieu tous les mois; il commence dès que cesse le secours de maladie ou le jour de la déclaration d'invalidité et dure jusqu'à la fin du mois dans lequel a lieu le retour à la validité ou la mort. Le statut de 1891 prévoit la cessation du service de la pension dans les conditions définies par le statut de 1884, si l'invalide peut reprendre son travail; s'il ne peut le reprendre que partiellement, il est déclaré demi-invalide. Les personnes qui touchent une pension de l'association minière doivent présenter à toute réquisition du comité un certificat du médecin constatant qu'elles doivent être considérés comme invalides au sens des statuts de la caisse de pensions; faute de cette présentation, le comité peut réduire la pension servie par l'association à l'inté-

ressé, sans descendre au-dessous de la pension totale due par la caisse de pensions.

4° *Pension de veuve.* — Le service de la pension de veuve commence :

a) Pour les veuves de membres actifs et en chômage, le jour qui suit la mort du mari;

b) Pour les veuves d'invalides, au début du mois qui suit celui du décès.

Il cesse à la fin du mois du décès ou du remariage de la veuve.

5° *Pension d'orphelin.* — Le service de la pension commence dans les mêmes conditions que pour les veuves, les orphelins de veuves étant assimilés aux orphelins d'invalides, et il cesse à la fin du mois dans lequel l'enfant meurt ou accomplit sa 14e année. La pension est payée, pour les orphelins mineurs, entre les mains de la mère, ou si elle ne les a pas sous sa garde, entre celles du tuteur, et pour les orphelins majeurs infirmes, entre leurs propres mains; toutefois le comité a le droit de payer la pension à des personnes autres que la mère ou le tuteur, s'il les juge plus soucieuses des intérêts de l'enfant.

5. ORGANISATION ADMINISTRATIVE.

Le statut-type de 1891 renvoie, en ce qui concerne l'organisation administrative, au statut-type de 1884.

6. ORGANISATION FINANCIÈRE.

Le statut-type de 1891 renvoie à celui de 1884 pour les dispositions relatives au fonds de réserve et à la comptabilité.

Les cotisations sont fixées par le comité en raison des besoins. Celles des membres instables et des demi-inva-

lides doivent être exprimées en centièmes des cotisations des membres stables de la même classe de salaire.

Les exploitants doivent payer à l'association une cotisation que le statut-type ne saurait fixer, en raison de la variété des conditions qui peuvent se présenter. Ils ont à verser payer, quand ils s'affilient à l'association, un droit de 150 marcs pour les salines et de 50 marcs pour les autres exploitations.

A la dispense de cotisations en cas de service militaire, le statut de 1891 ajoute celle des membres stables qui ont 45 ans de service.

Les cotisations des ouvriers occupés et de ceux qui chôment, par suite de maladie, doivent être payées en même temps que celles des patrons. Elles sont déduites, pour les premiers, du salaire, et, pour les seconds, du secours pécunaire de maladie. Les patrons doivent, sous peine de l'application de la procédure d'exécution forcée, recouvrer les cotisations dues par leurs ouvriers et les verser à la caisse. Les dispositions prévues par le statut-type de 1884 pour le payement des cotisations en retard sont reproduites dans celui de 1891. Les membres qui continuent bénévolement leur affiliation doivent verser eux-mêmes leur cotisation à l'association.

En résumé, les charges pour les patrons sont :

1° La cotisation à la caisse de l'association;

2° La cotisation à la caisse de pensions ;

3° En cas d'accident, l'indemnité légale supplémentaire à dater du début de la 5e semaine.

Le statut-type oblige les patrons à fournir :

1° Mensuellement en double expédition, une liste contresignée par l'ancien et accompagnée de pièces justificatives, indiquant, pour les stables et les instables séparément, les nom, prénoms et date de naissance des nouveaux ouvriers répartis par classes, la cotisation exigible de chacun d'eux, les observations relatives aux

entrées et aux sorties, à la durée des maladies et du service militaire et le montant des secours pécuniaires alloués.

2° Trimestriellement, une liste contenant le résumé des listes mensuelles.

Si l'exploitant ne se conforme pas avec régularité et exactitude à ces prescriptions, le comité peut fixer à son gré le nombre des ouvriers pour lesquels des cotisations doivent être prélevées ou demander à l'autorité minière de sévir contre le contrevenant. Les exploitants qui donnent intentionnellement des renseignements faux sur le salaire de leurs ouvriers peuvent être frappés, par le comité, d'une amende de 5 à 20 marcs.

7. MODIFICATION DE STATUTS ET DISSOLUTION.

Le statut-type de 1891 se réfère à cet égard à celui de 1884.

8. SURVEILLANCE DE L'ASSOCIATION PAR L'ÉTAT.

Le statut type de 1891 renvoie au statut-type de 1884 en ce qui concerne la surveillance de l'association par l'État.

9. RAPPORTS DE L'ASSOCIATION AVEC LA CAISSE DE PENSIONS DU NORD DE L'ALLEMAGNE ET D'AUTRES ASSOCIATIONS MINIÈRES.

Le statut de 1891 impose aux organes de l'association, aux exploitants et aux ouvriers, l'obligation de faire à ceux de la caisse de pensions toutes les communications de nature à faciliter le fonctionnement de l'assurance contre l'invalidité.

Les rapports de l'association avec d'autres sont réglés comme dans le statut-type de 1884.

§ 3. — CAISSE GÉNÉRALE DE PENSIONS MINIÈRES DU ROYAUME DE SAXE.

L'exposé des motifs de la loi saxonne du 2 avril 1884, qui avait prescrit la séparation des caisses minières en caisses de maladie et en caisses de pensions, déclarait que cette séparation n'était que le prélude de la constitution de grandes caisses de pensions résultant de la réunion des caisses existantes. Le gouvernement saxon examina, dès 1884, l'éventualité de la réunion des caisses des mines de houille en une caisse unique; il constata à cette occasion un déficit de 500.000 marcs environ pour la garantie des pensions déjà en cours et l'absence des réserves, que le calcul démontrait être nécessaires, pour garantir les droits non encore ouverts des assurés et de leurs ayants droit. Cette situation était la conséquence immédiate de l'application du système de la répartition. Toutefois, le gouvernement ne possédait point les statistiques qui devaient servir de base au calcul de la prime mathématique dont le prélèvement permettrait la constitution de réserves suffisantes; il ne pouvait donc réaliser cette réforme par voie réglementaire, et ce ne fut que peu à peu, en procédant à titre individuel, qu'il put en effectuer l'application. Les caisses ainsi transformées étaient dès lors susceptibles d'être réunies en une seule et même caisse de pensions, à la fin de l'année 1888; et si à cette époque le gouvernement saxon n'opéra point la constitution d'une telle caisse, c'est qu'il préféra attendre le vote de la loi d'Empire sur l'assurance contre l'invalidité et la vieillesse que discutait le Reichstag. A la suite de la promulgation de cette loi, le 22 juin 1889, l'autorité minière prépara un projet de statut d'une caisse de pensions. Les représentants des membres des caisses minières saxonnes

s'étant déclarés favorables à l'étude de la constitution d'une caisse unique, l'autorité minière réunit les éléments nécessaires au calcul des tarifs de primes. A cet effet, elle établit le bilan provisoire de 34 caisses comptant 21.328 membres, et calcula le taux des cotisations qui devaient être prélevées à titre de supplément aux cotisations normales, pour que le déficit existant pût être comblé dans un délai de 25 ans, délai que le Conseil fédéral considérait comme ne devant pas être dépassé, et qui d'ailleurs devait être réduit par les caisses des exploitations que les conditions particulières du gîte condamnaient à une fin plus prochaine.

Le Conseil fédéral, dans sa séance du 13 novembre 1890, reconnut la caisse nouvelle comme établissement autonome fonctionnant pour l'application de l'assurance contre l'invalidité et la vieillesse. Sur les 29 caisses minières du royaume de Saxe, 27 caisses appartenant, tant aux mines de houille qu'aux mines métalliques, adhérèrent à cette caisse, qui tint le 29 décembre 1890 sa première assemblée générale; les statuts définitifs, qui y furent adoptés à l'unanimité, reçurent le même jour l'homologation de l'autorité minière, en vertu des articles 52 (§ 2) et 58 de la loi du 2 avril 1884.

Ce sont les dispositions de ces statuts que nous analyserons ci-après.

1. DÉFINITION ET RÔLE DE LA CAISSE.

La caisse, dont le siège est à Freiberg, est constituée conformément au paragraphe 2 de l'article 52 de la loi saxonne du 2 avril 1884, au lieu et place de 27 caisses de pensions minières, en vue d'accorder aux membres et à leurs ayants-droit des pensions et des indemnités funéraires, et de réaliser le fonctionnement de l'assurance d'Empire contre l'invalidité et la vieillesse.

Indépendamment des caisses de pensions qui en font déjà partie, la caisse peut admettre encore dans son sein d'autres caisses de pensions minières.

2. ÉTENDUE DE L'ASSURANCE.

L'assurance est tantôt obligatoire, tantôt facultative.

Sont soumis à l'assurance obligatoire tous les ouvriers mineurs sans distinction de sexes. Les exploitations affiliées à la caisse et tous les employés techniques de ces exploitations dont le traitement ou le salaire ne dépasse point 6m 2/3 par jour. Pour les employés qui ne sont pas entrés à une des anciennes caisses de pensions transformées en la nouvelle caisse avant le 1er décembre 1884, date d'entrée en vigueur de la loi du 2 avril 1884, on ne fait pas entrer en compte un traitement supérieur à 6m 2/3 par jour.

Peuvent s'affilier à la caisse tous les employés qui ne sont pas soumis à l'obligation de l'assurance, à l'exception des employés qui, étant au service de l'État, ont de ce chef droit à une pension ; tous les employés de bureau attachés au service, soit des exploitations affiliées à la caisse de pension, soit de la caisse elle-même ; les personnes occupées moyennant un salaire dans un établissement appartenant au chef d'entreprise et rattaché à son exploitation minière, si le chef d'entreprise ou le comité de la caisse en fait la demande ; enfin les personnes visées à l'article 8 de la loi d'Empire du 22 juin 1889.

Enfin les personnes qu'un changement de situation affranchit de l'obligation ou prive du droit de participer à la caisse, peuvent en rester membres à condition de payer, indépendamment de la cotisation d'assuré, la cotisation patronale correspondante.

3. Conditions et formalités de la participation.

Les membres de la caisse se répartissent en deux grandes classes : membres actifs et membres invalides : les premiers payent une cotisation, les seconds reçoivent une pension. Les ouvriers et employés soumis à l'obligation de l'assurance deviennent membres de la caisse par le fait même de leur entrée au travail et à dater du jour de cette entrée. Toutefois les chefs d'entreprise ne doivent admettre, sous peine d'une amende de 100 marcs, que les ouvriers munis d'un certificat médical satisfaisant ou déjà affiliés à la caisse.

L'affiliation des personnes pour lesquelles l'assurance n'est que facultative, a lieu par voie de déclaration écrite ou verbale adressée au comité directeur, déclaration qui doit contenir les nom et pronoms, le domicile, la date de la naissance, la nature et le lieu de l'occupation, ainsi que la classe *statutaire* dont le membre fait partie ; ces indications doivent être certifiées exactes par le chef d'entreprise. L'affiliation date du jour de la déclaration.

Tout membre qui entre reçoit *un billet de membre*, délivré par le comité directeur de la caisse qui le lui fait parvenir par l'intermédiaire du chef d'entreprise. Ce billet porte l'indication de la classe de salaire *légale* de l'assuré et le numéro d'ordre qui sert à définir l'assuré dans le *registre des membres*. Ce registre qui est tenu par le bureau de la caisse, contient la liste de tous les membres avec mention de leur nom, de la date de leur naissance, de celle de leur affiliation, de la durée d'années de leur participation éventuelle à une autre assurance et de leur classe *statutaire*, de la situation de leur famille, du nom et de la nature de l'entreprise dans laquelle ils sont occupés toutes les modifications ultérieures survenues

dans leur situation par suite soit d'un changement de classe, soit d'un passage à une autre entreprise, soit de l'abandon du travail dans une mine, soit d'un mariage, soit de l'obtention d'une pension, soit de la mort, doivent y être inscrites. Les renseignements nécessaires à la tenue de ce registre sont fournis au bureau de la caisse par chaque chef d'entreprise qui doit envoyer tous les mois, dans les dix jours de la fin du mois, un état indiquant les nouveaux ouvriers entrés au travail, ceux d'entre eux qui ont appartenu déjà à la caisse, les membres qui ont passé à une classe plus élevée, les membres qui ont abandonné l'entreprise, ceux qui sont devenus invalides et ceux qui sont décédés; cet état doit être accompagné des pièces justificatives. Les chefs d'entreprises qui négligent de fournir cet état dans le délai prescrit, sont responsables, vis-à-vis de la caisse, de toutes les dépenses que ce retard peut lui occasionner en vertu des prescriptions légales ou statutaires, et le comité directeur de la caisse peut les frapper en outre d'une amende de 20 marcs.

Lorsqu'une personne entre au service d'une entreprise affiliée à la caisse dans des conditions qui motivent par elle l'obligation de l'assurance, le chef d'entreprise doit, dans les huit jours de l'entrée de cette personne, envoyer au comité de la caisse une fiche nominative indiquant sa situation personnelle et celle de sa famille, et cela même si l'intéressé a déjà appartenu à la caisse; le comité tient au courant les fiches nominatives en demandant au besoin des renseignements complémentaires au chef d'entreprise.

Il en est de même des ouvriers et employés qui s'affilient volontairement à la caisse : la date de l'entrée à la caisse remplace celle de l'entrée en service.

L'affiliation cesse :

1° Pour les membres actifs, s'ils abandonnent le tra-

vail qui motivait pour eux l'obligation de l'assurance;

2° Pour les membres invalides, si, redevenus valides, ils ne reprennent point du travail dans une entreprise appartenant à la caisse;

3° Pour les membres non soumis à l'obligation de l'assurance, s'ils abandonnent la caisse : ces derniers doivent adresser à ce sujet une déclaration écrite ou verbale au comité directeur et au chef d'entreprise.

Tout membre qui quitte la caisse reçoit le certificat prescrit par la loi d'Empire (art. 6, § 2).

L'interruption du travail n'entraîne pas la perte de la qualité de membre, si cette interruption résulte de l'accomplissement des devoirs militaires, d'une peine d'emprisonnement ou d'une maladie ou d'un congé : dans le cas de service militaire ou de maladie, l'assuré est dispensé de cotisations et la période d'interruption du travail lui est comptée dans l'évaluation de son temps de service; en cas d'emprisonnement la dispense de cotisation subsiste, mais la période n'est plus comptée au nombre des années de service; enfin, en cas de congé, les cotisations doivent être payées, sauf dérogation exceptionnelle accordée par le comité de la caisse, mais la durée du congé est comptée comme temps de service.

4. OBJET DE L'ASSURANCE.

La caisse de pensions a pour objet d'assurer des pensions aux invalides, aux veuves et aux orphelins, ainsi que des indemnités funéraires.

1. TAUX DES SECOURS.

Le taux des secours est établi sur les bases suivantes : une double classification est dressée comprenant, d'une part, pour les invalides, des classes définies par des chiffres; de l'autre, pour les veuves et les orphelins, des

classes définies par des lettres. La répartition des membres actifs entre ces classes est laissée à la liberté des chefs d'entreprise de chaque établissement, sous le double réserve d'être approuvée par le comité de la caisse et de se confondre pour les quatre premières avec la classification fixée par l'article 22 de la loi d'Empire du 22 juin 1889. Pour les membres dont le salaire est variable, on adopte comme salaire de base la moyenne des salaires touchés dans les cinq dernières années par un membre occupé au même travail, et, si cette moyenne est inférieure au salaire quotidien moyen de la localité défini par l'article 8 de la loi du 15 juin 1883 sur l'assurance contre la maladie, ce salaire quotidien moyen. Un membre qui subit une réduction de salaire ne peut être déclassé que de son consentement.

Le taux des secours est défini par le tableau suivant :

PENSION D'INVALIDITÉ ET VIEILLESSE				PENSION DE VEUVES ET ORPHELINS									
CLASSE	COTISATION HEBDOMADAIRE de l'assuré	LA PENSION ANNUELLE D'INVALIDITÉ ET DE VIEILLESSE est de 60 marcs augmentée d'une pension supplémentaire de		CLASSE	COTISATION HEBDOMADAIRE de l'assuré	LA PENSION ANNUELLE DE VEUVE est de 30 marcs augmentée d'une pension supplémentaire de		D'ORPHELIN de père est de 25 marcs augmenté d'une pension supplémentaire de		D'ORPHELIN de père et de mère est de 25 marcs augmenté d'une pension supplémentaire de			
		par semaine	pour 2 semaines de maladie par an			par semaine	par an (50 semaines)	par semaine	par an	par semaine	par an		
	pf.	pfennigs	marcs		pf.	pfennigs	marcs	pfennigs	marcs	pfennigs	marcs		
I	7	2	1,12	A	8	—	—	—	—	—	—		
II	11	6	3,12	B	10	1	0,50	1/3	0,17	» 1/2	0,25		
III	14	9	4,62	C	12	2	1,00	2/3	0,33	1	0,50		
IV	18	13	6,62	D	16	4	2,00	4/3	0,67	2	1,00		
V	23	18	9,12	E	20	6	3,00	6/3	1,00	3	1,50		
VI	38	30	15,12	F	26	9	4,50	9/3	1,50	4 1/2	2,25		
VII	62	50	25,12	G	41	15	7,50	15/3	2,50	7 1/2	3,75		
				H	66	25	12,50	25/3	4,17	12 1/2	6,25		

Ainsi, tandis que la loi d'Empire n'assure d'allocations

qu'à l'ouvrier lui-même et ne prévoit que la répartition en quatre classes de salaires, la caisse de pensions, conformément aux dispositions de la loi de 1884, prévoit également des allocations en faveur des membres de la famille de l'assuré et répartit les assurés en 7 et les membres de la famille en 8 classes. La définition des quatre premières classes était imposée par la loi d'Empire : la caisse ne pouvait servir des pensions inférieures à celles que la loi a prévues, ce qui, notamment, pour les mines métalliques, majore le taux des pensions allouées aux ouvriers qui ne comptent qu'un nombre d'années de service peu considérable.

Les dispositions énumérées dans le tableau précédent doivent être complétées par les observations suivantes :

1. *Pension d'invalidité et de vieillesse.* — La loi d'Empire n'accorde la pension que dans deux cas (art. 9) :

a) A l'invalide dont l'incapacité est telle qu'il ne puisse plus obtenir par son travail un salaire égal au sixième de la moyenne de son salaire antérieur (moyenne calculée sur les cinq dernières années), augmentée du sixième du salaire de la localité ;

b) A l'ouvrier âgé de 70 ans accomplis.

Si ces conditions étaient appliquées à l'industrie minière, l'ouvrier ne recevrait que rarement une pension. Les ouvriers mineurs septuagénaires et encore valides sont loin d'être nombreux. Les statuts de la caisse saxonne ont cherché à y suppléer en allouant la pension :

a. A tout ouvrier qui est déclaré invalide par le chef d'entreprise et par une commission dite de district, dont la composition est indiquée plus loin;

b. A tout ouvrier qui a 40 années de service ininterrompu depuis l'âge de vingt ans; le temps passé sous les drapeaux n'est pas considéré comme une interruption de service, mais il n'est pas compté dans le calcul de la période de 40 ans; de plus, pour les membres qui, le 1[er] janvier

1891, appartenaient à une des anciennes caisses de pensions, l'époque prise pour origine des quarante années de service est, non pas l'âge de vingt ans, mais la date de l'entrée à ladite caisse, si les statuts de celle-ci accordent le droit à une pension, indépendamment de toute condition d'invalidité, aux membres âgés de quarante ans ou moins;

c. A tout ouvrier qui a 30 ans de service et 70 ans d'âge.

D'ailleurs, la pension est exigible de plein droit si les conditions imposées par la loi d'Empire se trouvent remplies et, dans ce dernier cas, l'intéressé a droit au bénéfice du versement de l'Empire (50 marcs).

Est compté comme durée de service :

1° Le temps pendant lequel le membre a payé des cotisations à la caisse;

2° Le temps de service que le membre avait acquis, au 31 décembre 1890, auprès de l'une des anciennes caisses de pensions, et cela que le membre en fît ou non effectivement partie à cette époque, pourvu que le 31 décembre 1890 la caisse fût restée en possession des cotisations versées;

3° Au point de vue du payement de la pension d'invalidité :

a. Toute semaine de maladie, le membre étant supposé avoir versé les cotisations de la 2e classe s'il n'a pas continué volontairement ces versements normaux;

b. La période qui a suivi l'entrée en vigueur de la loi du 22 juin 1889, pendant laquelle des cotisations ont été prélevées ;

c. La période de participation à un établissement d'assurance contre l'invalidité institué ou reconnu par la loi d'Empire et la période du service militaire.

Dans ces deux derniers cas (3° *b*, 3° *c*) on applique pour l'évaluation des périodes de service les dispositions de la loi d'Empire.

A côté des invalides proprement dits, les statuts prennent une catégorie de personnes désignées sous le nom de demi-invalides. Ce sont celles qui jouissent d'une capacité de travail partielle sans pouvoir toutefois continuer ou reprendre leur ancienne occupation. Les demi-invalides reçoivent un à deux tiers de la pension d'invalidité, sans subvention de l'Empire. Le comité de la caisse peut, sans certificat de médecin, déclarer demi-invalide quiconque a notoirement touché, grâce à un nouveau travail, une rémunération supérieure à la moitié de son salaire des cinq dernières années qui ont précédé le service de sa pension.

Un demi-invalide qui devient complètement invalide reçoit une pension calculée sur la base qui eût été adoptée s'il était devenu directement invalide. Cette base peut être toutefois majorée si des cotisations ont été versées pour lui pendant sa demi-invalidité. Si au contraire, durant sa demi-invalidité, il a passé à une occupation motivant son affiliation à un établissement d'assurance institué en vertu de la loi d'empire, il reçoit, à dater de son invalidité, indépendamment de la pension servie par cet établissement, une pension de la caisse minière égale à l'excès de la pension statutaire sur la pension légale. Une personne reconnue invalide en vertu de l'article 9 (§ 3) de la loi d'Empire ne peut être déclarée demi-invalide.

2° *Pension de veuve.* — La pension de veuve est accordée aux veuves des membres décédés qui sont restés membres de la caisse jusqu'à leur mort.

Une veuve qui se remarie reçoit une somme de 100 marcs.

3° *Pension d'orphelin.* — Les enfants légitimes ou légitimés de personnes qui sont restées membres de la caisse jusqu'à leur mort, reçoivent une pension d'orphelins.

La somme des pensions de veuves et d'orphelins ne doit jamais excéder la pension d'invalidité du mari ou du père, y compris la subvention éventuelle de l'Empire. En cas d'excédent, une réduction proportionnelle doit être opérée sur ces pensions.

4° *Indemnité funéraire.* — La caisse alloue des indemnités funéraires : en cas de décès d'un invalide, 45 marcs; en cas de décès d'une femme ou d'une veuve d'assuré, 30, et en cas de décès d'un enfant ou d'un orphelin de moins de quinze ans, 10 marcs.

2. DROIT AUX SECOURS.

Le droit à la pension d'invalidité s'ouvre au bout de cinq ans de service; une décision exceptionnelle du comité de la caisse peut réduire cette durée, pourvu que la situation de la caisse ne s'en trouve pas compromise.

Le droit à la pension de vieillesse s'ouvre au bout de la période de service ci-dessus définie.

Aucune période de stage n'est exigée pour l'ouverture du droit aux autres allocations.

Les femmes n'ont droit qu'aux pensions.

Le droit aux secours est suspendu pendant que l'ayant droit réside à l'étranger ou accomplit une peine d'emprisonnement de plus d'un mois, ou se trouve dans une maison de correction. Le droit aux secours se prescrit par six mois.

1° *Pension d'invalidité et vieillesse.* — Les statuts rappellent les dispositions de l'article 32 de la loi d'Empire relative à la perte et à la récupération du droit à la pension. Ils stipulent le droit à la restitution des cotisations en faveur de tout membre qui, après avoir fait pendant cinq années ininterrompues partie de la caisse, l'a quittée pour des motifs non reprochables aux termes de la loi sur les mines du 16 juin 1868, et n'est pas entré à une autre

caisse de pensions instituée en vertu de la loi du 2 avril 1884 ; il en est de même des cotisations qu'il a versées à l'une des caisses de pensions actuellement incorporées à la caisse saxonne, et dont le transfert a été opéré à cette dernière. Cette restitution doit, du reste, s'opérer sans frais et déduction faite des secours déjà alloués et des sommes à prélever en vertu de la loi d'Empire (art. 89 et 94). Enfin les statuts rappellent le droit formulé par l'article 30 de la loi en faveur de la femme qui se marie après cinq années de participation sans avoir été pensionnée. Le droit à la pension d'invalidité cesse lorsque le médecin a déclaré l'ayant-droit capable de reprendre le travail.

Sont déchus de ce droit les invalides et demi-invalides qui ne se soumettent pas annuellement ou plus fréquemment, sur la requête du comité de la caisse, à une visite médicale. Le comité peut, du reste, accorder des dérogations.

Sont également frappés de déchéance les membres dont l'incapacité de travail résulte d'un acte volontaire ou tombant sous le coup de la loi pénale.

Les dispositions des paragraphes 2 et 3 de l'article 13 de la loi d'Empire relatives au payement de la pension en nature sont reproduites dans les statuts.

Si l'invalidité se produit pendant la durée du service militaire, de la maladie ou d'un congé, le droit à la pension s'ouvre dans les conditions normales, à cette différence près que la pension du militaire invalide est réduite du montant de sa pension lorsque la somme de ces deux pensions excède :

415 marcs	pour un membre	de la classe	I, II, III, IV ;
530	id.	id.	V ;
800	id.	id.	VI ;
1.300	id.	id.	VII.

La même disposition s'applique à ceux qui, blessés au cours de leur travail, ont droit à une pension en vertu de la loi d'assurance contre les accidents.

Si l'invalidité se produit pendant le séjour en prison, le droit à la pension s'ouvre dès la sortie de prison.

2° *Pension de veuve.* — Le statut rappelle le droit formulé par l'article 31 (§ 1er) de la loi d'Empire, en faveur de la veuve d'un assuré pour lequel des cotisations ont été versées pendant cinq années au moins. Le droit à pension de la veuve d'un assuré décédé sous les drapeaux, au cours d'une maladie, en prison ou en congé, s'ouvre à dater du décès.

La pension de veuve est, du reste, refusée :

a) Si l'assuré s'est marié postérieurement au début de son invalidité ;

b) Si les deux conjoints étaient séparés de corps lors du décès du mari ;

c) Si le mariage a été contracté au lit de mort ;

d) Si la veuve a été déshéritée par son mari pour un motif légal ;

e) Si elle s'est rendue indigne de recueillir sa succession.

L'allocation de cette pension cesse, si la pensionnée est frappée d'une peine de police en raison de sa conduite ou d'une peine d'emprisonnement ou d'internement dans une maison de correction à dater du jour du jugement.

3° *Pension d'orphelins.* — Les statuts reproduisent les dispositions de l'article 31 (§ 2 et § 3) de la loi d'Empire au sujet des droits sur l'orphelin d'une personne pour laquelle des cotisations ont été versées pendant cinq années au moins.

Le droit à pension des orphelins d'un assuré mort sous les drapeaux, au cours d'une maladie, en prison ou en congé, s'ouvre à dater du décès.

Les enfants adoptifs n'ont pas droit aux secours d'orphelins ; il en est de même des enfants mariés et de ceux qui sont issus d'un mariage qui ne donnait à leur mère aucun droit à la pension de veuve.

Toutefois le remariage de la mère ne prive pas les orphelins de leur pension.

4° *Indemnité funéraire.* — Le droit à indemnité funéraire n'existe pas pour les personnes qui sont soumises à l'obligation de l'assurance contre la maladie.

3. MODE DE SERVICE DES PENSIONS.

Le payement des allocations peut avoir lieu soit par la poste, conformément à la loi d'Empire (article 91), soit par l'intermédiaire des « anciens » ou délégués chargés de la surveillance, soit par des agents spéciaux, désignés par le comité.

1° *Pension d'invalidité et de vieillesse.* — La pension d'invalidité est servie depuis le début de l'invalidité jusqu'à l'expiration de la semaine de la mort ou du retour à la validité; le service en est effectué mensuellement entre les mains de l'invalide ou d'un mandataire de ce dernier.

La surveillance des pensionnés est exercée par les « anciens » ou délégués des ouvriers à l'assemblée générale, qui sont affectés chacun dans l'exercice de leur surveillance à une circonscription spéciale; ils sont investis de leurs fonctions par le comité et reçoivent une indemnité.

Toute demande de pension d'invalide doit être adressé au comité accompagnée des pièces justificatives.

Ce comité transmet la demande à la direction de l'exploitation où l'intéressé a été occupé en dernier lieu et à une commission dite commission de circonscription. Il existe, en effet, pour chaque circonscription « d'ancien », une commission composée de « l'ancien » de la circonscription, du délégué qui représente l'exploitant à l'assemblée générale et du médecin de la caisse affecté à la circonscription. Le délégué des exploitants est président de la commission. Plusieurs commissions qui fonctionnent pour les diverses parties d'une même exploita-

tion peuvent être réunies en une seule qui se compose alors de tous les « anciens », du ou des représentants de l'exploitation et du médecin ; les représentants de l'exploitation y ont autant de voix que l'ensemble des « anciens ». Il en est de même du médecin.

Si la demande de pension est rejetée, l'intéressé peut demander que le cas soit soumis à deux médecins choisis l'un par lui-même, l'autre par la caisse, au besoin on recourt à un troisième médecin désigné par les deux autres.

2° *Pension de veuve.* — Le service de la pension de veuve commence pour les veuves d'invalides à dater du jour où cesse celui de la pension d'invalide et, pour les autres veuves, à dater du jour du décès du mari, et ne cesse qu'à l'expiration de la semaine du décès ou du remariage de la veuve.

3° *Pension d'orphelin.* — Le service de la pension d'orphelin a lieu entre les mains des personnes que la loi charge de leur éducation ; il commence à partir du début de la semaine où s'est passé l'événement qui le motive, et dure jusqu'à l'expiration de celle du décès de l'enfant ou de l'accomplissement de sa quinzième année.

4° *Indemnité funéraire.* — Le chef de l'entreprise paye l'indemnité funéraire, sur la présentation du certificat de décès, à la veuve ou à défaut de veuve au plus proche parent qui doit se charger des funérailles ; en l'absence de proches parents, il y pourvoit lui-même jusqu'à concurrence du montant de l'indemnité statutaire ou le rembourse à celui qui en a fait les frais.

5. ORGANISATION ADMINISTRATIVE.

Les droits de la caisse ne sont autres que ceux que prévoit la loi d'Empire (art. 44).

L'administration de la caisse est laissée à un comité

directeur et à une assemblée générale assistés d'un directeur administratif et d'un bureau administratif.

1. **Comité directeur.** A. *Composition.* — Le comité directeur se compose de 10 membres, dont 5 délégués d'exploitants et 5 délégués des ouvriers élus par l'assemblée générale pour six ans et rééligibles. Le renouvellement a lieu par moitié tous les trois ans.

Sont éligibles les ouvriers en activité, majeurs, du sexe masculin en possession de leurs droits civils. Chaque délégué a un suppléant. Toute vacance est comblée par une élection complémentaire pour la durée du mandat du précédent titulaire. L'élection a lieu sous la direction du comité ou à défaut de ce dernier sous celle d'un délégué de l'autorité de surveillance; elle est annoncée huit jours à l'avance; elle s'effectue par voie de bulletin; en cas de partage, on recourt au tirage au sort.

Les cas de récusation prévus par la loi d'Empire celle-ci (art. 60) sont reproduits dans les statuts; la pénalité contre les récalcitrants étant fixée à 30 marcs.

Une même personne ne peut être élue qu'une fois comme représentant des assurés dans un organe de la caisse.

Le comité est présidé par un exploitant nommé par et parmi les cinq délégués des exploitants; dans le comité directeur un vice-président est nommé dans les mêmes formes.

Le président convoque deux jours à l'avance les membres du comité et doit les réunir dans un délai d'une semaine à la requête d'un tiers d'entre eux; il peut frapper d'une amende de 5 marcs ceux qui, sans excuse valable, négligent de s'y rendre. Il peut donner l'ordre de payer aux ayants-droit les pensions statutaires qui ne soulèvent aucune difficulté.

Le comité délibère valablement, lorsque en dehors du président, 2 délégués des exploitants et 3 délégués des

ouvriers sont présents; les décisions sont prises à la majorité absolue. Le président a voix prépondérante en cas de partage.

Il est dressé un procès-verbal des élections revêtu de la signature du président et de celles de deux membres.

Les fonctions de membre du comité sont gratuites; elles ne donnent droit qu'au remboursement des frais qu'elles occasionnent.

B. *Attributions.* — Le comité est chargé de l'expédition de toutes les affaires qui ne sont pas réservées à l'assemblée générale ou au président du comité. En particulier, il administre l'avoir de la caisse, nomme les employés, les médecins, etc., et veille à l'exécution des décisions de l'assemblée générale.

Le Comité représente la caisse conformément à la loi d'Empire (art. 46, § 2). Les contrats qui lient à titre permanent la caisse doivent être conclus par écrit et signés du président et de deux membres du Comité. En tout autre cas, le président a pleins pouvoirs.

La responsabilité des membres du Comité est fixée conformément à l'article 42 de la loi d'assurance contre la maladie du 15 juin 1883.

2. **Assemblée générale.** A. *Composition.* — L'assemblée générale se compose de délégués des ouvriers et de délégués des exploitants. Les délégués des ouvriers ou « anciens » sont élus par et parmi les assurés actifs. Sont éligibles et électeurs tous ceux qui sont majeurs et jouissent de leurs droits civils. Les circonscriptions électorales sont déterminées par le comité en distinguant les mines métalliques des mines de houille et sauf le cas particulier résultant des circonstances locales; elles comprennent chacune 500 électeurs au plus, et 250 au moins. Les élections ont lieu simultanément sous la direction ou la surveillance du comité. Chaque circonscription élit un délégué et un délégué-suppléant. Les

exploitants ont dans l'assemblée générale autant de voix que leur exploitation contient de circonscriptions électorales. Si une circonscription comprend plusieurs exploitations, leurs chefs doivent élire un délégué commun (et un délégué-suppléant) qui n'a qu'une voix dans l'assemblée générale. Le mandat est de six ans; il expire pour les délégués ouvriers avant cette période s'ils cessent d'être membres de la caisse ou changent de circonscription; ils sont remplacés par leurs suppléants ou, à défaut de ces derniers, par la personne qui a obtenu le plus grand nombre de voix aux élections.

L'assemblée générale est convoquée par le comité huit jours à l'avance avec indication de l'ordre du jour par voie d'affiches apposées près des puits. Une assemblée générale ordinaire a lieu en juin pour l'audition du compte annuel; des assemblées extraordinaires peuvent être convoquées au besoin; elles doivent l'être dans un délai de quatre semaines sur la demande écrite, accompagnée de l'objet, d'un tiers des membres de l'assemblée ou de la moitié des membres du comité ou bien si, par suite de départ, le comité ne contient plus qu'un délégué ouvrier.

Elle délibère valablement, quel que soit le nombre des membres présents; elle est présidée par le président du comité qui peut prendre des assesseurs; toutefois, lorsqu'il s'agit d'affaires où la gestion du comité est en jeu, il doit céder la présidence à une personne désignée pour cet objet spécial. Les décisions y sont prises à la majorité simple et le président à voix prépondérante en cas de partage. Toutefois lorsqu'il s'agit de majorations de pensions, le consentement des deux tiers de toutes les voix d'exploitants, y compris celles des absents, est nécessaire.

B. *Attributions.* — L'assemblée générale a pour mission :

1° De donner décharge du compte annuel et de nom-

mer une commission de revision composée de deux membres de la caisse et d'un vérificateur assermenté;

2° De statuer sur les poursuites des droits que la caisse peut avoir à faire valoir contre des membres du comité, et de nommer les personnes chargées de diriger ces poursuites;

3° De statuer sur les modifications des statuts;

4° De statuer sur les affaires qui lui sont spécialement soumises, en cas de convocation extraordinaire.

3. **Directeur administratif.** — Le comité directeur est assisté par un directeur administratif qu'il nomme et qui est payé sur les fonds de la caisse et chargé de l'administrer. Il doit tenir la comptabilité, le registre des membres; il ne peut procéder à des dépenses de la caisse non prévues par les statuts, que sur un ordre écrit signé du président ou d'un membre du comité à ce délégué. Sa responsabilité est réglée comme celle des membres du comité. Les autres conditions de ce service sont définies par voie de contrat individuel entre le comité et lui.

4. **Bureau administratif.** — Le bureau administratif fonctionne sous la direction et la responsabilité du directeur administratif. C'est lui qui établit le bilan réglementaire. Si le directeur n'est pas un actuaire, le premier employé du bureau doit en être un. Les employés de ce bureau, à l'exception des expéditionnaires et auxiliaires, sont nommés par le comité, sur la proposition du directeur et payés sur les fonds de la caisse. Ils sont assermentés par l'autorité de surveillance à la requête du comité.

6. ORGANISATION FINANCIÈRE.

Les statuts définissent, d'une part, la constitution d'un fonds de réserve, d'autre part, la tarification des cotisations.

1. **Principes du système financier.** — Les ressources financières de la caisse proviennent, tant des cotisations que des amendes prévues soit par les règlements de travail de chaque exploitation, soit par les statuts de la caisse. Ces ressources sont affectées non seulement au service des allocations statutaires, mais encore à la constitution d'un fonds de réserve.

A. **Constitution d'un fonds de réserve.** — Les statuts se bornent à exiger la constitution d'un fonds de réserve suffisant, mais ils n'en spécifient pas le taux. Ils exigent l'établissement d'un bilan quinquennal dont les résultats conduisent, en cas d'insuffisance du fonds de réserve, à une élévation des cotisations ou à une diminution des secours, ou à ces deux mesures simultanément, et, dans le cas contraire, à des mesures d'ordre inverse.

Les pensions d'invalidité ne doivent être d'ailleurs jamais réduite au-dessous du taux fixé par la loi d'Empire. De plus, si l'on constatait que les caisses incorporées à la caisse nouvelle n'amortissaient pas avec assez de rapidité leur ancien déficit et que la différence entre l'amortissement effectif et les prévisions excédât 10 p. 100 pour une exploitation déterminée, on devrait recourir à une majoration de leur contribution.

B. **Détermination du tarif des cotisations.** — Les cotisations perçues par la caisse de pensions sont de deux sortes :

1° Des cotisations ordinaires ;

2° Des cotisations extraordinaires.

Les cotisations ordinaires des membres du sexe masculin ont été indiquées dans le tableau ci-dessus ; celles des membres du sexe féminin pour la pension d'invalidité et de vieillesse sont, par semaine :

7 pfennigs pour la classe		I ;
10	id.	II ;
12	id.	III.

A ces cotisations s'ajoutent celles qui résultent de l'obligation imposée aux anciennes caisses de combler, dans un délai de vingt-cinq ans, le déficit qu'elles ont légué à la nouvelle caisse. L'addition de ces cotisations donne la « cotisation totale d'assuré ». Sur la valeur de cette « cotisation totale d'assuré », on doit, jusqu'à détermination nouvelle, attribuer à l'assurance prévue par la loi d'Empire la moitié des cotisations fixées par l'article 96 de cette loi, c'est-à-dire

7 pfennigs	pour la	classe de salaire	I;
10	id.	id.	II;
12	id.	id.	III;
15	id.	id.	IV.

La « cotisation totale d'assuré » est fixée par le comité de la nouvelle caisse pour chaque exploitation, et le tarif en est affiché dans les lieux de travail.

2. **Calcul de la part contributive de chaque exploitation.** — Les patrons doivent verser une cotisation égale à celle des assurés, sinon ils sont, pendant la durée du retard apporté par eux à l'accomplissement de ce versement, privés du droit d'électorat et d'éligibilité dans les organes de la caisse.

3. **Procédure du recouvrement de la part contributive de chaque exploitation.** — Le chef d'entreprise doit, dans les dix jours de chaque paye principale, verser à la caisse les cotisations échues pour la période de paye précédente; il peut opérer à chaque paye sur les assurés les retenues correspondantes.

Aucune cotisation n'est exigible pendant la durée de l'incapacité de travail. Toute semaine commencée compte comme une semaine entière. Les cotisations en retard doivent être, dans un délai de 15 jours, signalées par le directeur administratif de la caisse au comité, qui statue sur les mesures à prendre et peut frapper les patrons coupables d'une amende de 20 marcs.

4. **Comptabilité de la classe.** — Les statuts stipulent l'affectation exclusive des fonds aux objets de la caisse et leur placement comme fonds de tutelle; l'inspection annuelle de la caisse par les soins du comité directeur, l'établissement d'un compte annuel arrêté au 31 décembre et soumis avant le 1er avril suivant par le directeur au comité qui le vérifie et le transmet a la commission de révision, puis à l'assemblée générale. Décharge de ce compte est donnée par cette assemblée au directeur.

7. SURVEILLANCE DE LA CAISSE PAR L'ÉTAT.

La surveillance de la caisse est exercée par l'autorité minière.

8. CONFLITS.

Les conflits sont portés devant le tribunal arbitral par l'intermédiaire de l'autorité de surveillance; le président de ce tribunal doit recourir d'abord à un préliminaire de conciliation.

9. DISPOSITIONS TRANSITOIRES.

Les statuts ont réglé avec détail les dispositions transitoires nécessitées par la dissolution des caisses préexistantes et leur fusion dans la caisse nouvelle. Ils ont imposé aux comités directeurs de ces caisses l'obligation de soumettre à l'autorité minière :

1° L'état, au 1er janvier 1890, de leurs membres actifs avec indication de l'âge, du nombre d'années de service et des classes, prévues par les statuts de la nouvelle caisse, dont ils devraient faire partie. Si les classes prévues par ces statuts ne suffisaient pas pour le maintien des

pensions des employés qui touchaient plus de 2.000 marcs, le 2 avril 1884, le comité de l'ancienne caisse devait déterminer dans chaque cas particulier les classes nécessaires ;

2° L'état, au 1er janvier 1890, de leurs membres pensionnés (invalides, veuves et orphelins), ainsi que de leurs ayants droit, avec indication de l'âge et de la valeur du droit à pension annuelle qu'ils avaient à cette époque.

A l'aide de ces documents, l'autorité minière devait apprécier dans quelle mesure la fortune de l'ancienne caisse suffisait à couvrir ses engagements, et calculer le déficit et les cotisations susceptibles de le combler. Le résultat de ces calculs devait être communiqué aux comités directeurs des caisses qui, après avoir consulté les assemblées générales, décideraient les modifications de classes ou de tarifs qui leur paraîtraient convenables. Ces décisions, accompagnées de l'avis des exploitants, devaient être soumises à l'autorité de surveillance pour homologation dans les quatre semaines de l'achèvement des calculs opérés par l'autorité minière.

Le 1er janvier 1891, le transfert des fonds de chacune des anciennes caisses à la nouvelle caisse devait être effectué, à moins qu'il ne subsistât un excédent une fois que toutes les charges de l'ancienne caïsse auraient été acquittées. Cet excédent pouvait être, du consentement de l'autorité minière, affecté à des emplois spéciaux.

Ces opérations effectuées, le comité de la nouvelle caisse devait, en prenant pour base les décisions récentes des anciennes caisses et leur situation au 31 décembre 1890, calculer les charges qui lui étaient léguées par celles-ci. On adoptait 3,5 pour le taux de l'intérêt. Faute de données statistiques complètes spéciales à la population minière saxonne, on prenait comme base :

1° Pour la probabilité d'accident, le chiffre de 0,00246,

et pour la probabilité qu'un cas d'invalidité survenue ne soit pas le résultat d'un accident, le chiffre 0,775 ;

2° Les chiffres donnés par Caron (*die Reform des Knappchaftswesens* 1882), d'après les statistiques des mineurs prussiens ;

3° La probabilité de mort pour les femmes en Saxe déduites des résultats consignés dans le *Jahrbuch für das Berg und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen* 1888 (voir tableau I) ;

4° Les probabilités de mariage par des mineurs saxons calculés par W. Küttner, dans la *Zeitschrift der Königlich-Sächsischen statistischen Bureaus* (*Beilage zum Jahrgang* 1885) (voir tableau II) ;

5° Les probabilités de mort des enfants d'ouvriers mineurs saxons calculées par Helm, dans la même *Zeitschrift* (année 1885) (voir tableau III) ;

6° Les résultats relatifs à la fécondité des mariages contenus dans les tableaux IX à XIV du mémoire relatif au projet allemand d'assurance contre les accidents de 1882 (*Verhandlungen des Reichstags*, 5 *Legislaturperiode*, *II Session*, 5 *Band*, *Aktenstück* 19).

A l'aide de ces données, on calculait la valeur du capital nécessaire à couvrir les engagements de chaque caisse ; si l'on trouvait un excédent, on en faisait l'usage prévu ci-dessus ; si, au contraire, on trouvait un déficit, on calculait le montant des cotisations à exiger pour que ce déficit fût comblé en 25 ans, ces cotisations étant également réparties entre les exploitants et les ouvriers. Cette durée de 25 ans devait être abrégée pour les exploitations dont le gîte paraissait devoir être épuisé avant l'expiration de cette période ; l'autorité minière statuait en cas de doute. Pendant que l'on effectuait ces calculs définitifs, on devait prélever les cotisations obtenues dans le calcul provisoire dont les résultats avaient été soumis aux caisses avant leur dissolution.

Les pensionnés des anciennes caisses ainsi que leurs ayants-droit touchaient les allocations dont les anciennes caisses, avant leur dissolution, avaient fixé le taux.

Il est intéressant de donner en terminant la situation, au 31 décembre 1890, des caisses auxquelles s'est substituée la nouvelle caisse le 1er janvier 1891.

La situation des vingt-neuf caisses de pensions, tant des exploitations houillères que des mines métalliques, était définie à la fin de l'année 1890 par les chiffres suivants qui donnent la moyenne annuelle calculée sur les résultats des six dernières années (1885-1890). Cette période commence au 1er décembre 1884, date de l'entrée en vigueur de la loi saxonne du 2 août 1884, et se termine au 31 décembre 1890, c'est-à-dire à la veille de l'entrée en vigueur de la loi d'Empire du 22 juin 1889.

Mouvement moyen annuel des membres.

I. *Membres actifs.*

Entrées totales			6.717
Au nombre de ces entrées figurent :	Anciens invalides redevenus valides		125
	Membres venus d'autres caisses avec transfert de leurs cotisations		1,982
Sorties totales			6.363
Au nombre de ces sorties figurent :	Morts	a) En général	201
		b) Par suite d'accident	40
	Invalides	a) En général	571
		b) Par suite d'accident	121

II. *Pensionnés.*

Entrées	Totalement invalides	571
	Demi-invalides	50
	Veuves	389
	Orphelins	471
Sorties	Totalement invalides	456
	Demi-invalides	20
	Veuves	308
	Orphelins	496

Mouvement des membres pendant la période 1885-1890.

	MEMBRES actifs	PENSIONNÉS Invalides	Demi-invalides	Veuves	Orphelins
Nombre au 1er décembre 1884.	25.049	2.658	151	5.121	2.913
Nombre au 31 décembre 1890.	26.953	3.359	327	5.604	2.750
Variation	+ 1.904	+701	+176	+ 483	— 163

Avoir de la caisse.

	Recettes.	Dépenses.
	marcs.	marcs.
Pour l'ensemble de la période. .	15.395.971,64	14.006.888,22
Par an en moyenne	2.565.995,26	2.334.481,39

	marcs
Montant de l'avoir le 1er décembre 1884.	6.888.002,70
Id. le 31 décembre 1890.	10.231.334,12
Variation	+ 334.331,42

Tableau comparatif de la situation au 1er décembre 1884 et au 31 décembre 1890.

	PAR 1.000 MEMBRES ACTIFS Invalides	Demi-invalides	Veuves	Orphelins	PAR MEMBRE ACTIF — Avoir de la caisse
					marcs.
Le 1er décembre 1884.	106	6	205	116	275,0
Le 31 décembre 1890.	125	12	208	102	379,7
Variation.	+ 19	+ 6	+ 3	— 14	+104,7

TABLEAU I. — **Table de mortalité des femmes, en Saxe, d'après Jahn.**

AGE (années)	PROBABILITÉ de mort	AGE (années)	PROBABILITÉ de mort	AGE (années)	PROBABILITÉ de mort
20	0,00593	45	0,01223	71	0,0887
21	739	46	1200	72	960
22	667	47	1345	73	0,1081
23	706	48	1443	74	1041
24	852	49	1371	75	1226
25	731	50	1285	76	1229
26	721	51	1637	77	1460
27	814	52	1845	78	1525
28	843	53	1782	79	1654
29	884	54	1790	80	1737
30	845	55	2010	81	2098
31	986	56	2288	82	2201
32	891	57	2402	83	2239
33	0,01075	58	2640	84	2175
34	1030	59	3078	85	2798
35	1047	60	2835	86	2472
36	1100	61	0,0360	87	3060
37	1149	62	346	88	2324
38	1193	63	431	89	4070
39	1286	64	460	90	3852
40	1121	65	429	91	4055
41	1148	66	510	92	4354
42	1092	67	573	93	4667
43	1180	68	585	94	4994
44	1188	69	739	95	5334
		70	715		

TABLEAU II. — **Table de mariage de la population minière saxonne, d'après Küttner.**

AGE (années)	PROBABILITÉ pour un ouvrier mineur d'être marié	AGE (années)	PROBABILITÉ pour un ouvrier mineur d'être marié	AGE (années)	PROBABILITÉ pour un ouvrier mineur d'être marié
20	0,01714	36	0,208	52	0,107
21	0,07498	37	0,193	53	0,214
22	0,11687	38	0,211	54	0,143
23	0,16154	39	0,186	55	0,103
24	0,19960	40	0,200	56	0,118
25	0,2238	41	0,197	57	0,163
26	0,2713	42	0,182	58	0,067
27	0,2786	43	0,151	59	0,025
28	0,2479	44	0,165	60	0,026
29	0,2428	45	0,206	61	0,026
30	0,2394	46	0,167	62	0,029
31	0,2403	47	0,131	63	0,069
32	0,2474	48	0,156	64	0,078
33	0,218	49	0,082	65	0,049
34	0,238	50	0,147		
35	0,215	51	0,114		

TABLEAU III. — **Table de mortalité des enfants d'ouvriers mineurs saxons, d'après Helm.**

AGE (années)	PROBABILITÉ de mort	AGE (années)	PROBABILITÉ de mort	AGE (années)	PROBABILITÉ de mort
0 à 1	0,24	5 à 6	0,0118	10 à 11	0,0035
1 à 2	0,067	6 à 7	0,0099	11 à 12	0,0031
2 à 3	0,034	7 à 8	0,0071	12 à 13	0,0020
3 à 4	0,023	8 à 9	0,0050	13 à 14	0,0025
4 à 5	0,0166	9 à 10	0,0050		

SUR LE DOSAGE DU GRISOU

Par M. H. LE CHATELIER, Ingénieur en chef des mines,
Professeur à l'École nationale supérieure des mines.

Le dosage exact du grisou présente une grande importance pour l'exploitation des mines de houille; il permet seul de régler d'une façon rationnelle le volume d'air nécessaire pour diluer ce gaz de façon à le rendre inoffensif. Le grisou doit être dosé en présence de l'air auquel il est ainsi mêlé et la proportion d'air nécessaire est d'environ 100 fois celle du grisou dégagé; c'est sur un gaz semblablement dilué que les analyses devront porter le plus souvent. Il est évidemment indispensable pour des teneurs normalement inférieures à 1 p. 100 d'employer des procédés de dosage permettant de répondre du résultat à 0,1 p. 100 près du volume total du mélange gazeux analysé.

J'ai déjà montré (*) comment ce résultat peut être obtenu en employant une méthode d'analyse qui utilise la mesure des limites d'inflammabilité dans les mélanges explosifs. Les appareils que j'ai établis dans ce but sont aujourd'hui d'un usage courant dans un certain nombre de mines; l'exactitude des résultats ainsi obtenus a été contrôlée à maintes reprises. Il m'a paru cependant subsister des doutes dans l'esprit de quelques personnes sur la légitimité d'un procédé d'analyse chimique qui s'écarte

---

(*) *Annales des mines*. 8e série, t. XIX (1er vol. de 1891), p. 388.

autant des méthodes usuelles consacrées aujourd'hui par une longue pratique.

Pour lever ces doutes, j'ai pensé qu'il serait intéressant de trouver un second procédé d'analyse assez exact pour servir de contrôle au précédent, mais n'utilisant cependant que des phénomènes d'un emploi usuel dans l'analyse chimique des gaz; tel le changement de volume qui est la conséquence de leur combustion en présence de l'oxygène de l'air.

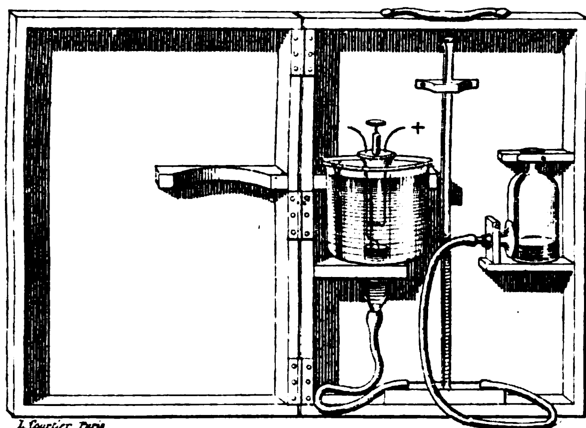
J'ai obtenu le résultat cherché en utilisant un procédé de combustion des gaz indiqué par M. Coquillion : l'emploi d'une spirale métallique incandescente.

Le grisoumètre construit par M. Coquillion, dont j'avais fait l'étude lors des travaux de la première commission du grisou, ne permettait pas d'obtenir d'une façon certaine des dosages du grisou exacts à 1 p. 100 du volume du mélange. Cette incertitude résultait de la mauvaise disposition des divers organes de l'appareil : emploi pour le liquide du mesureur d'eau pure qui dissolvait des quantités variables de gaz; absence d'enveloppes réfrigérantes indispensables pour régulariser la température de la masse gazeuse dont on mesurait le volume; enfin, réactions incomplètes que j'avais attribuées au système de combustion employé, tandis qu'en réalité, elles étaient seulement dues à une disposition du brûleur qui ne permettait pas au mélange gazeux de séjourner assez longtemps au contact de la spirale incandescente. Les modifications faites à l'appareil de M. Coquillion par le Dr Schondorff, directeur du laboratoire de recherche de la commission prussienne du grisou, ont montré que l'on peut, avec une spirale incandescente, réaliser la combustion complète d'un mélange gazeux, quelque éloigné qu'il soit de sa limite d'explosibilité.

En étudiant le question du dosage du grisou, je me suis particulièrement attaché à rendre impossible ou au moins

à atténuer dans la mesure du possible toutes les causes d'erreurs inhérentes à l'inexpérience des opérateurs, et avant tout j'ai tâché de supprimer tous les joints qui laissent si facilement fuir les gaz. J'ai supprimé tous les caoutchoucs et n'ai conservé qu'un robinet indispensable pour l'introduction du mélange gazeux dans l'appareil; mais ce robinet est un robinet à pointe et non à boisseau, système de fermeture qui donne des garanties d'étanchéité presque absolues.

L'appareil se compose d'une *capacité close* qui sert à la fois de mesureur et de chambre de combustion; le *robinet à pointe* sert à l'introduction du mélange gazeux destiné à l'analyse et ensuite à l'expulsion au dehors du même mélange, une fois l'expérience terminée.



La circulation du gaz s'obtient par le mouvement d'une masse de mercure contenu dans un flacon relié par un caoutchouc à la partie inférieure de la chambre de combustion. Ce réservoir de mercure communique en même temps avec un tube ouvert, qui constitue un manomètre à air libre dans lequel la hauteur du mercure sert à mesurer la pression de la masse gazeuse confinée. Celle-ci est

ramenée après la combustion à un volume égal à celui qu'elle possédait au début; ce résultat est obtenu en faisant affleurer le mercure dans les deux cas à une pointe fixe. Le fil de platine dont l'incandescence produit la combustion est maintenu par deux conducteurs isolés à la partie inférieure de la chambre à gaz. Celle-ci est plongée dans un réservoir plein d'eau qui atténue par sa masse les variations de la température qu'elle régularise en même temps et dont elle facilite la mesure.

Pour faire une expérience, on commence, le robinet étant ouvert, par faire affleurer le mercure à la pointe et on lit la division h du manomètre devant laquelle s'arrête le mercure; c'est le zéro de la graduation du manomètre. On chasse alors l'air en élevant le réservoir à mercure, puis on met le robinet en communication avec le récipient renfermant l'air à analyser en établissant la jonction par un tube en caoutchouc assez court et assez étroit pour que son volume soit négligeable vis-à-vis de celui du gaz qui sera introduit dans l'appareil. On baisse alors le flacon à mercure de façon à faire pénétrer le gaz qui est chassé en même temps de son récipient par une introduction d'eau ou mieux d'eau salée; celle-ci dissout les gaz en moindre proportion. On arrête le mercure au voisinage de la pointe sans se préoccuper de la faire affleurer exactement et on laisse *cinq* minutes l'équilibre de température s'établir. On lit alors la température t, à 1/10 de degré près, au moyen d'un thermomètre plongé dans l'enveloppe d'eau et on mesure la pression de la masse gazeuse. Pour cela on fait exactement affleurer le mercure à la pointe en ayant soin pour cela de se placer devant une fenêtre ou une lumière qui éclaire vivement la surface du mercure. On note à ce moment la hauteur h' du manomètre. La pression P de la masse gazeuse est, en appelant H la pression atmosphérique :

$$P = H + h' - h.$$

La combustion de la masse est provoquée par l'incandescence d'un fil de platine chauffé par un courant électrique. La disposition de ce fil et sa température ont une grande influence sur la rapidité de la combustion. Un fil roulé en spirale est beaucoup plus efficace qu'un fil rectiligne; la raison en est que l'échauffement se produisant à la fois sur une masse de gaz beaucoup plus restreinte lui communique nécessairement une température beaucoup plus élevée. La spirale doit être à la partie inférieure de la chambre de combustion pour que la circulation produite par l'échauffement puisse amener la totalité du gaz au contact de la spirale. La combustion est évidemment d'autant plus rapide que la spirale est plus chaude; sa température doit être comprise entre 1.300° et 1.600°. En dehors de ces limites, ou bien la combustion serait trop lente, ou bien l'on s'exposerait à fondre la spirale de platine. Il faut un certain apprentissage de l'œil pour régler cette température; au début on commence toujours par fondre quelquefois la spirale. On peut se régler approximativement sur les deux caractères suivants : la spirale doit être assez brillante pour sembler émettre des rayons, elle ne doit pas être assez brillante pour éblouir l'œil au point de l'empêcher de distinguer les différentes spires. On obtient de bons résultats en constituant la spirale par six spires de 3 millimètres de diamètre, avec un pas de 1 millimètre et faites avec un fil de $0^{mm},3$ de diamètre. En employant un fil d'un alliage de platine à 3 p. 100 de cuivre qui a l'avantage d'être très résistant, il suffit pour rougir convenablement la spirale d'avoir une source d'électricité pouvant débiter un courant maximum de 6 ampères avec une force électromotrice correspondante de 12 volts. Si l'on se sert de piles il faut interposer un rhéostat à résistance variable qui permette de régler à volonté et d'une façon progressive l'intensité du courant. Il est beaucoup plus commode d'employer

une petite dynamo à main, telle que celle qui a été établie par M. Ducretet pour le service de l'artillerie : on règle très facilement le courant par une rotation plus ou moins rapide de la manivelle; en outre la machine est toujours prête à fonctionner, on est débarrassé de l'opération si ennuyeuse du montage des piles et des accumulateurs. Ces machines ont seulement l'inconvénient d'être d'un prix très élevé.

Pour provoquer la combustion complète des gaz il suffit d'une durée d'incandescence de la spirale de 15 secondes; il est prudent de recommencer deux fois l'incandescence avec un repos de quelques secondes dans l'intervalle, parce que la dilatation des gaz fait descendre au-dessous de la spirale une partie de la masse gazeuse qui pourrait échapper à la combustion; le refroidissement momentané fait repasser au-dessus de la spirale toute la masse gazeuse.

On facilite cette remontée du gaz en élevant le réservoir à mercure, mais il faut avoir soin, au moment du passage du courant, de ne pas laisser plonger les deux conducteurs dans le mercure qui dévierait la totalité du courant et rendrait ainsi impossible l'échauffement de la spirale.

Une fois la combustion terminée, il faut attendre dix minutes pour laisser l'équilibre de température se rétablir; c'est là une précaution absolument indispensable; il faudrait attendre plus longtemps encore si l'incandescence de la spirale avait été prolongée plus de trente secondes. On note, comme on l'avait fait au début, la température t' et la hauteur h'' du mercure dans le manomètre à air libre.

On conclut la proportion du grisou de la diminution de pression $h' - h''$ de la masse gazeuse maintenue à volume constant et corrigée de la variation de température. C'est l'inverse du procédé usuel dans lequel on

mesure la variation de volume d'une masse gazeuse maintenue à pression constante.

La variation de pression ou de volume résulte de la condensation de la vapeur d'eau qui suit la combustion du grisou. Si cette vapeur restait gazeuse il n'y aurait pas de changement de volume



$$CH^4 + 2O^2 = CO^2 + 2H^2O$$

car une molécule de formène et deux molécules d'oxygène, soit trois molécules de mélange, donnent après combustion trois molécules de produits brûlés : une d'acide carbonique et deux d'eau. Mais à la température ordinaire cette eau se condense et la combustion de chaque molécule de formène amène une diminution d'un nombre double de molécules dans la masse gazeuse totale. La combustion de 1 p. 100 de grisou amène donc une diminution de 2 p. 100 dans le volume ou la pression du mélange, suivant que l'on opère à pression ou à volume constant.

La pression P, le volume V, la température $T = t + 273$ et le nombre de molécules N d'une masse gazeuse sont liés par la relation connue

$$PV = RNT \qquad (1)$$

dans laquelle R est une constante qui dépend des unités de mesure adoptées. Après combustion, le volume étant resté constant, il viendra :

$$P'V = RN'T' \qquad (2)$$

d'où l'on tire, en retranchant (2) de (1) et divisant cette différence par (1),

$$\frac{P-P'}{P} = \frac{NT-N'T'}{NT} = \frac{T-T'}{T} + \frac{N-N'}{N}\left(\frac{T'}{T}\right) \qquad (3)$$

ou, en remplaçant P et P' par leur valeur

$$P = H + h' - h$$
$$P' = H + h'' - h$$

et introduisant la proportion pour 100 de grisou en volume x

$$x = \frac{1}{2}\frac{N - N'}{N}$$

il vient

$$x = \frac{1}{2}\left(\frac{h' - h''}{H + h' - h} - \frac{t - t'}{t + 273}\right)\frac{t + 273}{t' + 273}.$$

Mais pratiquement t et t' ne différant pas entre elles de 1° on peut considérer le terme $\frac{t + 273}{t' + 273}$ comme égal à l'unité sans commettre une erreur relative sur la proportion de grisou x du $\frac{1}{300}$ de sa valeur, ce qui est absolument négligeable. On prendra donc pour calculer x l'expression

$$x = \frac{1}{2}\left(\frac{h' - h''}{H + h' - h} - \frac{t - t'}{t + 273}\right) \qquad (4)$$

Dans bien des cas même le second terme de la parenthèse sera négligeable ; en le supprimant on compterait 1 à 2 millièmes de grisou en moins, ce qui n'a pas d'importance pour les teneurs supérieures à 1 p. 100.

Je rapporterai en terminant quelques analyses faites par cette méthode ; elles montrent la concordance absolue des résultats de différentes analyses effectuées sur un même mélange par différents opérateurs en employant soit le procédé de dosage décrit ici, soit la méthode des limites d'inflammabilité.

Mines de Campagnac. — Des prises d'air, faites les unes à l'entrée, les autres à la sortie d'un quartier, furent analysées sur place par l'un des ingénieurs de la mine en employant les limites d'inflammabilité ; des échantillons identiques me furent en même temps envoyés à Paris où je les ai analysés par combustion. Aucun des

deux opérateurs ne connaissait les résultats obtenus par l'autre opérateur :

Air à l'entrée du quartier :

	Proportion de grisou p. 100.		
Opérateur A. — Limites d'inflammabilité. . . .		0,23	
Opérateur B. — Combustion par incandescence.	0,21		0,24

Air à la sortie du quartier :

Opérateur A. — Limites d'inflammabilité. . . .		0,40	
Opérateur B. — Combustion par incandescence.	0,40	0,41	0,42

Mines de Ronchamp. — Ces expériences, qui avaient été entreprises pour se rendre compte des diverses circonstances relatives au dégagement du grisou : influence de l'abatage, influence des vieux travaux, ont été faites la plupart par la méthode des limites d'inflammabilité; quelques-unes, faites simultanément par les deux méthodes, sont seules rapportées ici.

	Limites d'inflammabilité.	Combustion par incandescence.
Mélange artificiel de grisou d'un soufflard et d'air.	1,50	1,49
Retour d'air d'un quartier du puits de Magny.	0,45	0,46
Galerie aux remblais, puits du Magny. . .	0,12	0,13

D'après ces quelques résultats on pourrait croire à une précision plus grande que celle qui a été annoncée, puisque les écarts ne portent que sur les dix-millièmes, mais ce n'est là qu'une simple apparence à laquelle il ne faudrait pas se fier. Il ne faut y voir que le résultat d'un heureux hasard. On ne doit chercher que le 1/1000 et on peut compter l'obtenir par l'une ou l'autre de ces méthodes.

BULLETIN

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE DE LA BAVIÈRE EN 1890 ET 1891.

1° *Mines et Salines.*

DÉSIGNATION des substances minérales	1890 Production	1890 Valeur sur place	1890 Prix moyen	1891 Production	1891 Valeur sur place	1891 Prix moyen
	tonnes.	francs.	fr. c.	tonnes.	francs.	fr. c.
Houille.	790.746	10.179.870	12,87	756.148	9.902.820	13,09
Lignite.	10.121	61.879	6,11	10.044	57.869	5,76
Minerai de fer. . . .	155.142	794.288	5,12	149.653	741.545	4,95
Sel	40.718	2.189.289	53,76	40.629	2.162.903	53,23

2° *Usines.*

DÉSIGNATION des métaux	1890 Production	1890 Valeur sur place	1890 Prix moyen	1891 Production	1891 Valeur sur place	1891 Prix moyen
	tonnes.	francs.	francs.	tonnes.	francs.	francs.
Fonte.	66.703	4.285.443	64	76.552	4.348.409	57
Fer et acier soudés.	76.928	14.216.992	185	»	»	»
Fer et acier fondus.	28.707	4.982.140	173	»	»	»
Fer.	»	»	»	65.025	10.821.914	166
Acier.	»	»	»	67.088	9.023.660	134

(Extrait de l'*Œsterreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen.*

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE DE LA PRUSSE EN 1891.

1° *Mines et Salines.*

DÉSIGNATION des substances minérales	PRODUCTION	VALEUR sur place	PRIX moyen de la tonne	NOMBRE de mines en exploitation	NOMBRE TOTAL d'ouvriers employés
	tonnes.	francs.	fr. c.		
Houille.	67.528.015	648.487.813	9,60	338	252.178
Lignite.	16.739.984	53.589.079	3,21	410	29.046
Asphalte	11.217	177.225	15,80	4	59
Huile minérale . . .	2.498	374.176	149,70	7	123
Minerai de fer. . . .	3.903.811	30.539.608	7,82	489	25.740
— de plomb. .	140.123	19.684.910	140.48	115	14.172
— de cuivre. .	578.256	25.335.645	43,81	75	15.066
— de zinc. . .	792.351	30.654.505	38,68	96	15.241
Pyrites de fer. . . .	119.100	1.050.208	8,82	31	528
Minerai de mangan.	36.860	894.947	24,28	22	643
— d'or et d'arg.	131	101.402	774,00	2	184
— de nickel . .	185	7.144	38,60	7	7
— de cobalt . .	576	45.310	78,66	3	38
— d'arsenic . .	2.169	127.252	58,66	3	216
Sel	549.474	9.826.821	17,88	50	2.268

2° *Usines.*

DÉSIGNATION des métaux	PRODUCTION	VALEUR sur place	PRIX moyen	NOMBRE d'usines en activité	NOMBRE TOTAL d'ouvriers employés
	tonnes.	francs.	francs.		
Fonte.	3.288.441	215.655.201	65	81	20.134
	kilog.				
Or.	100	343.366	3.434	6	(Compris avec ceux qui travaillent le cuivre et l'argent.)
Argent.	277.546	45.533.764	164	18	583
	tonnes.				
Cuivre	21.236	30.026.317	1.414	10	3.116
Plomb.	87.372	26.011.140	297	20	2.695
Zinc..	139.146	76.835.192	552	29	9.586
Etain.	238	530.265	2.228	2	22
Manganèse.	33	95.571	2.896	1	7
Antimoine.	165	116.850	708	1	(Compris avec ceux qui travaillent le cuivre.)
Nickel	594	3.391.873	5.710	2	182
Cobalt.	44	978.000	22.300	4	32
Arsenic.	812	203.585	250	3	35

(Extrait de la Statistique des *Mines*, *salines et usines de l'État prussien*, publiée par le ministère du commerce et de l'industrie.)

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE DE L'AUTRICHE EN 1890 ET 1891

1° *Mines et Salines.*

DÉSIGNATION des substances minérales	1891			1890		
	Production	Valeur sur place	Prix moyen	Production	Valeur sur place	Prix moyen
	tonnes	francs.	fr. c.	tonnes	francs.	fr. c.
Houille	8.931.065	75.090.663	8,40	9.192.885	80.731.192	8,78
Lignite	15.329.057	68.268 614	4,45	16.183.076	75.999.568	4,70
Roches asphaltiques	181	7.316	40,00	180	6.936	38,50
Minerai de fer	1.361.548	7.671.240	5,63	1.231.248	7.051.576	5,72
— de plomb	11 274	2.394.966	212,43	13.361	2.639.225	197,53
— de cuivre	7.503	848.253	113,00	9.318	875.800	94,00
— de zinc	32.642	1.404.966	43,00	28.828	1.421.600	49,32
— d'étain	569	12.765	22,43	721	8.892	12,33
— d'or	1.547	44.877	29,00	440	35.682	81,00
— d'argent	14.494	7.822.932	539,70	14 538	7.856.786	540,00
— de mercure	70.730	2.202.467	31,13	70.633	2.557.836	36,00
— d'antimoine	770	128.000	166,00	334	105.160	314,00
— de manganèse	8.000	253.000	32,00	5.280	174.735	33,00
— de bismuth	800	47.000	59,00	1.083	62.926	58,00
— d'arsenic	»	»	»	4	966	241,00
— de wolfram	38	30.472	802,00	57	52.800	926,00
Pyrites de fer	5.422	158.729	29,27	3.089	91.894	29,73
Graphite	23.728	1.793.309	75,57	21.346	1.712.518	80,00
Sel	303.481	56.909.800	187,52	300.816	55.904.048	185,84

2° *Usines.*

DÉSIGNATION des métaux	1890			1891		
	Production	Valeur sur place	Prix moyen	Production	Valeur sur place	Prix moyen
	tonnes	francs.	francs.	tonnes	francs.	francs.
Fonte	666.273	67.457.224	101	617.145	61.456.280	99
	kilog.			kilog.		
Or	22	71.860	3.266	15	47.604	3.173
Argent	35.863	7.898.035	220	36.037	7.951.049	220
Bismuth	216	4.802	22	642	13.847	21
	tonnes			tonnes		
Plomb	10.209	4.189.241	410	9.851	3.851.135	391
Cuivre	993	1.487 343	1.497	1.033	1.444.258	1.398
Zinc	5.486	3.625.545	661	5.006	3.396.438	678
Etain	50	146.809	2.986	56	157.383	2.810
Mercure	542	3.943.511	7.276	570	3.417.697	5.996
Antimoine	207	213.618	1.032	115	111.935	973
Soufre	37	6.526	176	45	8.440	187

(Extrait de l'*Œsterreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen.*)

LÉGISLATION ÉTRANGÈRE

MEXIQUE.

Lois et règlements de 1892 *sur le régime des mines.*

Les mines du Mexique, après la proclamation de l'Indépendance, restèrent soumises jusqu'en 1884 aux célèbres *Ordonnances de Mexico* (*) dont la mère patrie avait doté la colonie à la date du 22 mai 1783. La loi de 1884 (*) qui remplaça ces ordonnances se rattachait entièrement au même type de législation par le mode d'appropriation de la mine, l'exécution de la loi par les *Députations des mines*, les relations entre mines voisines, et surtout par les dispositions sur le travail obligatoire avec le classique *denuncio*. Par deux lois des 4 et 6 juin 1892, complétées respectivement par des règlements des 25 et 30 juin 1892, la législation mexicaine vient, comme celles de tant d'autres pays placés dans une situation analogue, de subir une révolution profonde : au régime de l'ancien droit minier espagnol que caractérisaient essentiellement les ordonnances de Mexico, a été substitué un régime tout à fait analogue, sinon identique, à celui que Ruiz Zorilla a donné à l'Espagne par son mémorable décret-bases du 29 décembre 1868, l'acte qui caractérise essentiellement le droit minier espagnol moderne.

Voilà donc encore un pays, et non des moindres au point de vue de l'industrie extractive, qui adopte ce type que nous signalions naguère ici (**) comme tendant de plus en plus à se répandre partout. En analysant, comme nous allons le faire, l'ensemble des textes qui forment le régime mexicain de 1892, nous signalerons plus spécialement les différences avec le régime antérieur.

Des deux lois de 1892, celle du 4 juin est la loi générale sur le régime des mines; elle est complétée par le règlement du

(*) Voir, sur les *Ordonnances de Mexico* et la législation mexicaine de 1884 : L. Aguillon, *Traité de législation*, t. III, Mexique, p. 437 et suiv.

(**) V. *Bulletin*, 1892, t. II, p. 115 (*suprà*).

25 juin ; la loi du 6 juin que complète le règlement du 30, est exclusivement une loi d'impôt, encore que dans le système auquel se rattache cette législation — et c'est une des critiques qu'on lui fait — la question de l'impôt se lie de la façon la plus intime au fond même de l'ensemble du régime. Au point de vue des impôts, il faut d'ailleurs tenir compte de la loi du 6 juin 1887 qui n'a pas été abrogée.

Tel est l'ensemble que nous avons à faire connaître, en résumant la matière dans l'ordre habituellement reçu en pareils sujets.

Classification légale des substances minérales. — Comme dans le régime de 1884 il y a deux catégories de substances correspondant à nos deux classes des *mines* et des *carrières ;* les premières sont entièrement détachées de la propriété superficiaire, les secondes y restent confondues. Le classement dans les mines a lieu, par nature de substance, d'après une énumération limitative donnée à l'article 3 (L. gén.) (*). Cette énumération comprend les métaux proprement dits, les pierres précieuses, le sel gemme, l'arsenic et le soufre. Parmi les substances laissées dans le régime des carrières sont, comme dans la loi de 1884, les combustibles et le pétrole.

Ce régime de la classification par nature de substance présente deux exceptions : par l'une, relative au fer, on laisse au propriétaire superficiaire le minerai de marais (*hierro de pantanos*) et celui d'alluvion (*hierro de acarreo*) ainsi que les ocres exploitées comme matière colorante ; l'étain d'alluvion (*estaño de accareo*) constitue l'autre exception.

Il convient de mentionner ici que la nouvelle loi abroge l'assimilation faite par l'ancienne, en ce qui concernait leur établissement, entre les usines de traitement (*haciendas de beneficio*) et les conduites d'eau, d'une part, et les mines d'autre part. Par une conséquence logique de l'évolution effectuée, usines et conduites d'eaux rentrent sous l'empire du droit commun.

Recherches (L. gén., art. 13 ; Règl., art. 10). — Étant donnés l'esprit et le mode de la constitution de la propriété des mines dans le droit espagnol, les recherches n'y ont jamais eu grande

(*) Nous distinguons par *L. gén.*, la loi du 4 juin ; par *L. imp.*, la loi du 6 juin ; par *Règl. gén.*, le règlement du 25 juin ; par *Règl. imp.*, celui du 30 juin.

importance ; on semble vouloir les entraver plus qu'on ne les encourage, parce qu'on paraît les trouver inutiles et qu'on craint surtout avec le nouveau régime qu'elles ne deviennent des exploitations illicites ne payant pas d'impôt. Aussi ne peuvent-elles consister qu'en sondages, ou en excavations ayant au plus 10 mètres de long sur 10 mètres de profondeur (art. 13, L. gén.), et ce n'est que pendant une durée de trois mois improrogables qu'elles assurent un privilège à l'explorateur (Id.).

Les recherches peuvent être entreprises sur simple déclaration dans les terrains domaniaux, et, dans les terrains de propriété privée, avec le consentement du propriétaire du sol donné par écrit et visé par l'administration, à défaut, avec une permission de l'administration, moyennant une caution préalable dont le montant est également fixé par l'administration.

La déclaration, le consentement du propriétaire, la permission de l'administration doivent définir les limites entre lesquelles s'exercera le droit de l'explorateur. Lui seul, pendant les trois mois qui courent du visa et de l'enregistrement de son titre par l'administration, peut valablement introduire une demande en institution de propriété de mines portant sur les terrains compris dans ces limites (*).

Ce privilège de l'explorateur est une des modifications les plus saillantes du nouveau régime mexicain sur le régime espagnol métropolitain qui lui a servi de type.

Institution de la propriété des mines. — La propriété de la mine s'acquiert à la priorité de la demande (L. gén., art. 15), sous réserve du privilège ci-dessus mentionné dont l'explorateur jouit, pendant trois mois, pour les terrains réservés à ses recherches. S'il n'est fait aucune opposition durant l'enquête de quatre mois à laquelle la demande est soumise, si l'instruction est régulière en la forme, et notamment si le demandeur a payé à l'avance le montant de la taxe de surface, il lui est délivré par l'administration un titre de propriété (L. gén., art. 18). En dehors du cas où un tiers peut produire des droits meilleurs à

(*) Le texte de l'article 10 du Règl. indique nettement que l'administration fixe les limites de la recherche quand elle accorde un permis nonobstant le refus du propriétaire du sol; on peut concevoir — encore que la clause puisse produire des résultats fâcheux — qu'on laisse la délimitation libre en cas d'entente avec le propriétaire superficiaire; mais, pour les terrains domaniaux, il conviendrait, ce semble, de limiter la faculté de délimitation indéfinie qui paraît être laissée à l'explorateur.

l'encontre d'une demande parce que le terrain demandé est déjà concédé ou est réservé pour exploration ou a été réclamé en concession antérieurement, la seule opposition qui puisse empêcher l'administration de délivrer immédiatement le titre de propriété demandé, est celle que formulerait le propriétaire superficiaire prétextant qu'il n'y a ni indices de gîte ni travail de recherche d'aucune sorte ; ceux-ci ou ceux-là existent-ils d'après le rapport fourni par l'expert à ce commis dont il sera ci-dessous question, l'administration rejette *de plano* l'opposition (L. gén., art. 20) ; s'ils n'existent pas, c'est l'autorité judiciaire qui décide au contraire de l'opportunité d'octroyer néanmoins la concession (id.), comme elle décide s'il convient d'entreprendre des recherches nonobstant le refus du propriétaire superficiaire.

La concession est accordée sur l'étendue et dans les limites demandées par l'intéressé ; mais elle est nécessairement partagée en *pertenencias* d'un hectare qui seront indivisibles et doivent rester distinctes pour toutes les applications de la loi comme dans tous les contrats qui seraient passés entre intéressés (*).

Dans les trois jours de l'introduction d'une demande l'administration désigne un expert qui, dans les soixante jours de son acceptation, doit, aux frais du demandeur, fournir le plan de la concession accompagné d'un rapport circonstancié dans lequel l'expert, agissant comme un véritable fonctionnaire public, indique les constatations par lui faites et donne son appréciation sur les oppositions à lui présentées notamment par le propriétaire superficiaire (Règl. gén., art. 21-23).

La demande est soumise à une enquête de quatre mois à laquelle il est procédé par affichage à l'agence locale des mines et par insertion dans les journaux officiels (Règl. gén., art. 21).

Les oppositions ne sont valables que produites dans ce délai (Id., art. 26).

Le géomètre-expert, en levant le plan, doit indiquer l'emplacement des bornes qui devront être posées dès la délivrance du titre de propriété (Id., art. 38).

L'émission du titre de propriété est publiée au *Journal officiel* (Id., art. 50).

(*) Dans la loi de 1884, l'indivisibilité s'entendait et s'appliquait par *mine* constituée avec le nombre variable de *pertenencias* qu'une mine pouvait avoir suivant les circonstances de son institution. (Voir L. Aguillon, *Traité de législation*, t. III, n° 1376.

Caractères de la propriété de la mine. — La mine instituée devient une propriété de droit commun dont on jouit librement sous l'empire de la législation ordinaire, à charge de réparer tous les préjudices qui peuvent résulter de l'exploitation (L. gén., art. 22) et en observant les règlements spéciaux sur la police de l'exploitation (V. ci-dessous *police des mines*).

Bien que les mines soient considérées comme des biens immobiliers, analogues aux propriétés foncières, les sociétés formées pour leur exploitation sont régies par le Code de commerce (L. gén., art. 24).

Les hypothèques sur les mines sont inscrites sur un registre spécial; elles doivent respecter l'indivisibilité de la *pertenencia;* elles peuvent être transformées en cédules ou obligations hypothécaires, mais à condition que tous les créanciers hypothécaires soient mis en mesure d'agir ensemble (L. gén., art. 25-26).

La nouvelle loi fait disparaître explicitement le curieux contrat d'*avio*, qui était une particularité de l'ancien droit minier hispano-américain (*). Désormais le bailleur de fonds ne pourra intervenir que par le contrat de société ou par celui d'hypothèque.

Suivant les principes du droit minier espagnol, la mine instituée donne le droit d'exploiter, sans distinction, toutes les substances légalement détachées de la propriété du sol.

Abandon. — La propriété de la mine peut être abandonnée sur simple déclaration (L. imp., art. 8).

Déchéance. — Dans le nouveau système, et c'est, nous l'avons dit, une de ces caractéristiques essentielles, il n'y a plus de déchéance que pour le cas de non payement de l'impôt annuel de propriété, c'est-à-dire de la taxe fixe par hectare dont il va être question (L. gén., art. 29).

La déchéance est prononcée par le ministre du *Fomento*, et est exécutoire *de plano* à la suite de la publication faite au *Journal officiel* (Règl. imp., art. 25).

C'est une déchéance pure et simple tant au regard du propriétaire que des créanciers réels. Pour ceux-ci la mesure paraîtrait au premier abord singulièrement dure, puisqu'il appartiendrait à un propriétaire de mauvaise foi de les dépouiller à sa fantaisie. Mais le public est averti, comme on va le dire, par des publica-

(*) Voir sur le contrat d'*avio* : L. Aguillon, *Traité de législation*, t. III, n° 1189.

tions officielles du retard de payement du propriétaire, et, à partir de ces avis, les créanciers hypothécaires peuvent payer à son acquit avec collocation privilégiée pour cette avance (Règl. imp., art. 23-25).

Impôts. — Dans un pareil système de législation minière, l'impôt joue donc un rôle essentiel, et c'est justement, nous l'avons déjà dit, une des critiques que l'on adresse au système; car, suivant les théories fiscales les plus répandues, l'impôt ne doit pas être destiné à un rôle spécial indirect dans les institutions d'un pays.

Il y a au Mexique, sur les mines, trois sortes d'impôts spéciaux: deux, la taxe d'institution et la taxe annuelle de propriété, ont été fixés par la nouvelle législation de 1892 et y jouent le rôle prépondérant qui a été déjà indiqué ; le troisième, complètement indépendant de l'ensemble du régime légal des mines, résulte d'une loi antérieure du 6 juin 1887, et il a été maintenu dans la nouvelle législation. Ce dernier impôt consiste dans une taxe sur le produit brut que le pouvoir fédéral a dévolu aux États sans qu'en aucun cas la taxe puisse dépasser 2 p. 100 ; à la taxe d'État s'ajoute 20 centimes additionnels au profit de la fédération.

Cette taxe sur le produit brut frappe logiquement d'ailleurs toutes les exploitations minérales, que les substances soient ou non détachées de la propriété superficiaire. En dehors de la taxe provinciale sur le produit brut, il existe une taxe de 1/2 p. 100 pour l'essai officiel des métaux précieux ou une taxe équivalente à l'exportation pour les métaux exportés sans avoir été essayés dans le pays (*).

Revenons aux taxes des lois de 1892.

La taxe d'institution est de 10 *pesos* (50 francs) (**) par hectare ou fraction d'hectare; son recouvrement est certain, puisque le titre de propriété n'est décidé qu'après payement de la taxe.

La taxe annuelle est de même quotité (***), 10 *pesos* (50 francs), payable en trois termes égaux.

(*) Cette dernière taxe a fait l'objet d'un règlement du 25 juillet 1892.

(**) Nous avons pris pour le *peso* ou la piastre sa valeur nominale de 5 francs, encore que sa valeur réelle soit à peine de 4 francs.

(***) On peut reprocher à cette taxe d'être identique pour toutes les substances et d'être bien élevée pour la plupart d'entre elles. En Espagne la taxe n'est que de 4 francs pour les mines de houille et de fer et de 10 francs pour les autres substances. L'identité de la taxe pour toutes les mines répond, il est

En cas de non-payement à l'échéance, avis en est officiellement publié par l'administration, en vue notamment de saisir les créanciers hypothécaires, ainsi qu'il a été spécifié ci-dessus. Après un mois de retard, amende de 50 p. 100 de la taxe; après deux mois, amende de 100 p. 100; au bout de trois mois, la déchéance est encourue.

Le créancier hypothécaire n'a le droit de payer en l'acquit du propriétaire qu'à partir de la publication du non-payement par le propriétaire (Règl. imp., art. 23). Nous rappelons que le créancier hypothécaire acquiert privilège pour l'avance ainsi faite par lui (L. gén., art. 25).

Rapports avec les propriétaires superficiaires. — Il est de l'essence des principes fondamentaux sus-indiqués qu'il n'y ait pas de redevance tréfoncière à payer aux propriétaires superficiaires.

L'exploitant peut occuper, par la voie de l'expropriation, sous le contrôle et par l'intermédiaire de l'autorité judiciaire, les terrains nécessaires à ses travaux; la loi organise une procédure judiciaire relativement rapide pour fixer la juste indemnité due au propriétaire superficiaire (L. gén., art. 10 et 11).

La loi, nous l'avons déjà dit, (V. *Caractère de la propriété*), a implicitement prévu la réparation, à la charge de l'exploitant, de tous les dommages produits par lui.

Relations entre mines voisines. — La loi ne prévoit et ne fixe (L. gén., art. 12) que les servitudes d'écoulement et d'aérage.

En ce qui concerne les eaux, les mines voisines ont respectivement l'une sur l'autre la servitude d'écoulement, mais à charge pour une mine de payer les indemnités pour le préjudice pouvant résulter de l'accès des eaux dans la mine voisine. Par contre, une mine doit une indemnité pour le bénéfice qui résulte pour elle de l'épuisement opéré dans la mine voisine.

Un exploitant peut établir dans les mines voisines une galerie d'épuisement pour sa mine, mais seulement avec l'autorisation préalable de l'administration, et sous l'application éventuelle des indemnités ou récompenses précitées (*).

---

vrai, logiquement à ce principe que la mine comprend indistinctement toutes les substances concessibles.

(*) En accordant ainsi ce droit exclusivement à l'exploitant d'une mine sur la mine voisine, la nouvelle législation abroge les antiques dispositions conservées dans la loi de 1884, sur les *socavones aventureros* ou galeries d'aventu-

Pour l'aérage l'exploitant peut obtenir de l'administration la faculté de mettre ses travaux en communication avec ceux de la mine voisine lorsque, à défaut de ce moyen, l'aérage ne pourrait être obtenu qu'à grands frais.

De toute décision administrative relative à ces diverses servitudes, on peut en appeler dans le délai de deux mois à l'autorité judiciaire (Règl. gén., art. 47).

En dehors de ces règles spéciales, les mines voisines peuvent être soumises entre elles aux servitudes légales de passage, d'écoulement et d'aérage qui seraient établies par les législations propres à chaque État ou par celle du district fédéral et des territoires.

Police des mines. — Par une idée ingénieuse, qui confirme le principe fondamental de la loi et s'harmonise parfaitement avec lui, la loi édicte un même régime de police pour toutes les exploitations minérales, abstraction faite de la nature des subtances, c'est-à-dire pour les mines comme pour les carrières (*) dès qu'il s'agit d'exploitations de nature à menacer la vie des ouvriers, la sécurité des travaux et la solidité du sol (L. gén., art. 2). Il en est ainsi fort justement de la police des exploitations minérales, comme il en est de l'impôt sur le produit brut. Les règles de police auxquelles l'exploitant devra se conformer seront fixées par un règlement spécial (**) ; des agents administratifs spéciaux vérifient par des inspections l'observation des prescriptions réglementaires (L. gén., art. 30); les infractions à ces prescriptions sont punies par des pénalités d'ordre administratif (L. gén., art. 30 et 31).

Autorités minières. — Les exploitations minérales dépendent du ministre du *Fomento*, de la colonisation et industrie. Il a sous ses ordres des agents spéciaux, d'ordre essentiellement administratif, qui ont remplacé les anciennes *Députations de mines* (***) de la loi de 1884 et des antiques ordonnances hispano-

---

riers, entreprises générales faites en vue de désinonder certains districts. (Voir sur ce sujet : L. Aguillon, *Traité de législation*, t. III, n° 1381.)

(*) Cette assimilation complète entre les mines et les carrières se comprend d'autant mieux qu'au Mexique les exploitations de houille sont rangées dans les carrières.

(**) Ce règlement ne paraît pas avoir été encore rendu.

(***) C'étaient des autorités élues dans chaque district par l'assemblée des propriétaires de mines. Les *députations de mines* hispano-américaines sont analogues aux *comités de mineurs* d'Australie que le Transvaal avait adoptés

américaines. Ces agents assurent l'instruction de toutes les affaires de mines (institution de propriétés, demandes diverses d'exploitants) ; mais ils n'y procèdent généralement pas par eux-mêmes, requérant habituellement pour toutes les opérations techniques sur le terrain, et nécessairement pour l'institution des concessions, le concours d'experts par eux désignés. Ces agents de mines semblent donc correspondre aux bureaux des préfectures qui s'occupent en France des affaires de mines. Les agents ne sont toutefois payés que par les honoraires qui leur sont versés par les intéressés d'après un tarif à ce fixé.

Il y a, en outre, des ingénieurs-inspecteurs des mines employés par le gouvernement à visiter les exploitations, à surveiller l'observation des règlements de police et à procéder à toutes études qui leur sont demandées par le ministre.

Dispositions transitoires. — Pour assurer la transition du régime ancien au régime nouveau qui en diffère si profondément à tous égards, la loi a prévu une série de dispositions qui forme un titre V et dernier avec six articles d'un numérotage particulier.

Avant la réforme de 1892 il existait au Mexique deux catégories de mines : les unes avaient été acquises par application pure et simple de la loi organique ; les autres avaient été constituées en vertu de contrats spéciaux que le pouvoir exécutif avait le droit de passer à cet effet sous certaines conditions ; on avait pu et on pouvait, par ce moyen, avec certaines stipulations spéciales imposées à l'exploitant, constituer des exploitations plus étendues que celles à *pertenencias* trop réduites de la loi ordinaire et les décharger de l'observation rigoureuse, impraticable dans de grandes exploitations, des dispositions relatives au *denuncio*.

La loi nouvelle stipule que les mines qui avaient été instituées sous le seul empire de la loi ancienne sont purement et simplement transformées en mines de la loi actuelle (*) ; pour les mines

---

et qu'il vient aussi de remplacer par des agents administratifs directs (Voir *suprà*, p. 114).

(*) Ainsi, toutes les anciennes mines de cette catégorie sont de ce fait soumises immédiatement à l'énorme impôt de 50 francs par hectare et par an.

Encore que la stipulation générale sur l'assimilation suffit pour abroger toutes les dispositions spéciales de l'ancien droit qui sont dérogatoires aux principes fondamentaux du droit nouveau, la loi a cru (Disp. trans., art. 6) devoir abroger explicitement et nommément cette autre faculté singulière que de temps immémorial avait eue l'exploitant de poursuivre son exploitation jusque dans la mine voisine (Voir L. Aguillon, *Traité de législation*, t. III, n° 1380).

résultant de contrats spéciaux, leurs propriétaires peuvent opter, dans l'année, entre la continuation pure et simple des stipulations du contrat ou l'application du régime de la loi nouvelle

Les contrats privés de nature spéciale, tels notamment que le contrat d'*avio*, qui ne sont plus admis dans la loi nouvelle et qui auraient été antérieurement passés, continueront à être appliqués sous l'empire de leur loi d'origine, mais à charge d'être inscrits sur le nouveau registre hypothécaire, ouvert spécialement pour les mines.

L. A.

NOTE

SUR

LES PRINCIPAUX GISEMENTS MINÉRAUX

DE LA RÉGION DU CAUCASE (*)

Par M. LEPROUX, Ingénieur au Corps des mines.

INTRODUCTION. — L'occupation de la Transcaucasie par les Russes date en réalité du commencement du siècle ; mais ce n'est que peu à peu, que toutes les régions situées au sud du Caucase ont fini par leur appartenir. Très accidentées, et se prêtant fort bien aux luttes de partisans ; habitées par des populations guerrières qui encore aujourd'hui ont conservé l'habitude de porter des armes toujours et partout, ces riches contrées ont presque dû être conquises pied à pied. D'autre part, le climat fébrile et malsain des grandes vallées a fait bien des victimes, au début de la colonisation. Enfin, même lorsque la sécurité a été à peu près assurée, même lorsque, par des travaux d'assainissement, par la connaissance plus exacte des remèdes à employer, on est arrivé à diminuer

(*) Cette note a été établie en prenant pour base les documents publiés par l'Administration des mines, à Tiflis (documents qui n'ont pas encore, à notre connaissance, été traduits du russe en français), et en y joignant les renseignements qui nous ont été communiqués à Tiflis ou sur les lieux par divers ingénieurs russes, au cours d'un voyage effectué pendant l'été de 1891.

la mortalité et à la rendre même inférieure à ce qu'elle est dans le reste de l'empire (*), les individus et les sociétés se sont heurtés et se heurtent encore à des difficultés inextricables dues au très grand nombre de petits propriétaires, à leurs coutumes variées et à leurs prétentions exagérées.

Il faut ajouter de plus que, les communications font à peu près défaut dans le Caucase. La Transcaucasie est séparée de la Russie du nord par la chaîne du Caucase; une seule route construite à grands frais, celle du Dariel, joignant Tiflis à Vladi-Kavkaz, traverse la chaîne, en passant à des altitudes de 2.000 mètres. Aujourd'hui (mais seulement depuis 1884) l'isthme est traversé par une ligne ferrée, à une seule voie, dont la partie occidentale (Batoum à Tiflis), livrée au commerce depuis 1878, possède des rampes très dures, ayant jusqu'à 40 millimètres par mètre, et plus. C'est par cette unique artère que doivent se faire tous les transports industriels; et encore, pour l'atteindre, les routes carrossables font-elles à peu près complètement défaut. Lors donc qu'une entreprise minière est sur le point de se fonder, elle doit d'abord employer des capitaux considérables à l'établissement des voies de communication.

Toutes ces raisons expliquent pourquoi, dans ce pays pourtant si riche, il a été jusqu'ici si malaisé de créer des exploitations minières. La plus importante de toutes les exploitations du Caucase, celle du naphte, n'existe guère que depuis une vingtaine d'années. Les mines de cuivre de Kédabek et de Kalakent, achetées par la maison Siemens en 1863, commencent seulement aujourd'hui à produire des bénéfices, après avoir englouti plusieurs millions en travaux de toutes sortes. L'exploitation du manganèse, à Kvirilla, n'a commencé qu'en 1879. Et à

(*) Élisée Reclus, *l'Asie russe.*

côté de ces gisements connus et exploités, un grand nombre restent encore non occupés, faute de capitaux et de travailleurs de tout ordre.

Il nous a donc semblé intéressant de mettre à profit les renseignements qui nous ont été communiqués sur les gîtes miniers et les gisements de combustibles (houille et pétroles) du Caucase, et de résumer ici leurs conditions de gisement et leur situation. Au préalable, nous devons dire quelques mots sur la géologie et la géographie de la région du Caucase.

La chaîne du Caucase a été formée vers la fin de l'époque tertiaire. Elle est presque exactement rectiligne, ouest-nord-ouest — est-sud-est; formant vers l'ouest une chaîne presque unique, sans chaînons latéraux développés, elle s'épanouit beaucoup à l'est, en formant la région montagneuse du Daghestan. Elle est d'ailleurs reliée à l'Anti-Caucase par des chaînons qui séparent le versant Caspien du versant de la mer Noire, et déterminent, avec le Caucase et l'Anti-Caucase, deux vallées principales, l'une, celle de Kour, se dirigeant vers la Caspienne, l'autre, celle du Rion, beaucoup plus courte et affectant plutôt la forme d'une cuvette, ouverte vers la Mer Noire.

Dans ces deux vallées, mais principalement dans celle du Kour, sont développées d'importantes formations tertiaires de tous les étages. Du côté de la Caspienne ces formations sont recouvertes par des dépôts de loess, fort considérables, et le devenant d'autant plus que l'on s'éloigne davantage vers l'est. Les loess reposent directement sur les formations tertiaires supérieures dites aralo-caspiennes, au-dessous desquelles se trouvent les couches de naphte.

Sous le tertiaire on trouve quelques couches crétacées, peu développées; puis le jurassique, assez développé au contraire des deux côtés de la chaîne, et traversé en maints endroits, par des nappes de diabases et de méla-

phyres sur le versant sud du Caucase, et jusqu'en Arménie où il vient buter contre les importantes masses de granit des gouvernements d'Érivan et de Yélizavetpole.

Enfin, sous le jurassique, on trouve des épaisseurs considérables de schistes et de grès argileux paléozoïques, d'un âge difficile à préciser à cause du manque de fossiles, et qui se relèvent au nord et au sud, contre les roches cristallines, granit, gneiss et syénites, qui forment l'axe de la chaîne.

Il résulte naturellement du relèvement des couches que les affleurements des terrains les plus récents sont rejetés d'autant plus loin de l'axe de la chaîne que celle-ci est plus haute : c'est ainsi que les assises tertiaires qui recouvrent presque complètement la chaine, dans le Kouban comme à l'est, sont au contraire rejetées très loin de l'axe aux environs du Kazbek et de l'Elbrouz. Mais cet éloignement n'empêche pas de remontrer la succession régulière des couches lorsqu'on traverse le Caucase.

Il faut ajouter à ce très rapide aperçu, que plusieurs points du Caucase ont été et sont encore le siège de manifestations volcaniques importantes. Aux environs de Piatigorsk (au nord de la chaîne, à l'est de Vladi-Kavkaz), de nombreuses sources thermales et minérales attestent que des éruptions récentes, jalonnées d'ailleurs par des nappes de roches éruptives, ont eu lieu. On connaît aussi les éruptions gazeuses et liquides des environs de Bakou.

Achevons en donnant la division administrative des régions du Caucase :

I. Ciscaucasie (au nord) :

1° Province du Kouban (villes principales : Yékatérinodar, Batalpachinsk, Maïkop, Kavkazkaïa);
2° Province du Térek (villes principales : Vladikavkaz, Kizliar, Piatigorsk, Georgyevsk);
3° Province ou gouvernement de Stavropol (Stavropol).

II. Transcaucasie (au Sud) :

1° Division de la mer Noire;
2° Gouvernement de Koutaïs (villes principales : Koutaïs, Ozourgeti, Charopan, Poti, etc.);
3° Gouvernement de Tiflis (villes principales : Tiflis, Telav, Tioneti, Gori, Douchet, Akhaltzik, Akhalkalaki);
4° Cercle de Zakatali;
5° Gouvernement d'Erivan (villes principales : Erivan, Nakchitchevan, Alexandrapol, Novo-Bayazet, Etchmiadzin);
6° Gouvernement de Yelizavetpol (villes principales : Yélizavetpol, Noukha, Choucha, Zangezour, Kazakh);
7° Gouvernement de Bakou (villes principales : Bakou, Kouba, Lenkoran, Djevat);
8° Daghestan (villes principales: Derbent, Témir-Khan-Choura, Gounib, Andi, Kaïtavo-Tabasaran, Petrovsk);
9° Gouvernement de Kars.

Ces préliminaires étant rappelés, nous passons à l'étude des gites minéraux, en réservant les combustibles pour la fin.

Fer. — Le fer, cette substance si répandue dans toute la nature, ne manque pas plus au Caucase qu'ailleurs ; ce qui manque pour exploiter les gisements avec avantage, c'est surtout le combustible. Les forêts sont difficiles à exploiter ; en bien des points d'ailleurs le déboisement les a fait totalement disparaître ; ce déboisement a été bien souvent exigé par les nécessités de la conquête et de la pacification ; mais aujourd'hai il est triste de constater combien est grand et irréparable le dommage qui résulte de ce déboisement. En somme, il serait téméraire d'établir des fonderies en comptant sur les bois pour les alimenter, sauf peut-être dans le Daghestan. Quant à la houille, nous verrons qu'elle est très peu abondante, et, en génétal, de mauvaise qualité. Reste le naphte, qui serait évidemment le combustible à employer,

si l'on savait s'en servir pour produire de la fonte. Il n'est pas trop audacieux d'espérer qu'on trouvera un jour un procédé permettant d'en tirer parti pour cet usage. En attendant, les minerais de fer éparpillés dans le Caucase, trop loin de la mer pour être exportés, restent inexploités.

Comme ils sont répartis à peu près également et qu'il est difficile de les grouper, nous prendrons successivement ceux de chaque division administrative.

Dans le Kouban, district de Maïkop (4) (*), les affleurements des calcaires crétacés montrent de très nombreux amas d'un minerai de fer moyennement riche (66 p. 100 d'oxyde de fer) qui serait probablement facile à fondre. Dans la province du Térek, à 2 kilomètres de Vedeno, sur la Schoumok (49), on a trouvé des amas et des poches d'oxyde de fer, irrégulièrement distribués dans des masses d'argile rouge, qui sont situées sous des schistes et des grès. Le principal amas, qui était exploité au temps de Schamyl, se trouve sur la rive droite de la Schoumok, sur la pente douce de la hauteur qui sépare cette rivière de la Khoulkoulaou. L'affleurement des argiles est directement sous la terre végétale, et les poches de minerai, se montrant quelquefois à la surface, forment de grands amas s'étendant beaucoup à la surface. Voici une analyse :

SiO^2	27,10
Fe	41,73
Al^2O^3	15,26
Cu	1,04
Mn	0,87
CaO	traces
HO	3,27
Insoluble	9,14

Deux gisements analogues existent à quelques kilomètres. Tous trois sont dans la tertiaire.

Les minerais du Daghestan sont en général de l'héma-

(*) Les numéros renvoient à la carte (Pl. XIII).

tite brune. Ils sont d'ailleurs fort peu abondants (75). Nous citerons seulement celui qui est situé à 10 kilomètres au sud-ouest de Petrovsk, et qui contient des rognons d'hématite, des sphérosidérites, etc., dans des argiles schisteuses, des marnes et des grès, plus ou moins ferrugineux, de l'époque tertiaire.

Nous passons à la Transcaucasie, en commençant par le gouvernement de Koutaïs. Un affleurement assez important (sur 600 ou 800 mètres) indique un gîte sur les bords de la rivière Bzibi (5). Ce gîte formé d'hématite brune argileuse, dans des schistes gris foncé probablement dévoniens, provient très probablement de l'oxydation des pyrites dont est remplie la montagne Apschri.

Tout à fait différents sont les minerais de la région sud : les uns, aux environs d'Artvine (15), sont formés d'hématite rouge qui tient 50, 55 et jusqu'à 63 p. 100 de fer métallique, dans des calcaires sénoniens. (A Nadarbazew ce minerai est mélangé de quartz); les autres, au bord de la mer Noire (12), se composent simplement de grains de magnésite provenant du lavage, par la mer, des produits de désagrégation de la roche du rivage, et formant des poches ou même de véritables couches. D'autres enfin sont d'origine éruptive : près de Batchinsk, on trouve deux gisements d'oligiste, au contact des calcaires urgoniens et d'une masse de métaphyres, formant des poches alignées. Il existe enfin, aux environs de Koutaïs même, et aussi dans le district de Charopan (27), des hématites brunes, à faible teneur (15 à 30 p. 100) dans le jurassique.

Le gouvernement de Tiflis et le gouvernament d'Yélizavetpole contiennent un certain nombre de gisements de minerai de fer, dans la même région que le groupe δ) des minerais cuprifères (44). En mettant de côté le gîte de Vedeni, au contact d'un filon de quartz et d'une masse de grès argileux qui tiennent tous deux de petits grains

d'oligiste, tous ces gîtes sont en relation immédiate avec les roches éruptives dont nous avons déjà parlé. Ainsi, à 6 kilomètres au nord-est de l'usine de Tchatakh (39) se trouve une masse de porphyre dioritique, dont le grand axe correspond à la direction de la roche encaissante H 9 1/2, et dont l'épaisseur atteint 24 mètres. Dans cette roche se trouvent, en proportion irrégulière, des paillettes et quelquefois des rognons d'oligiste. Le minerai le plus riche se trouve dans l'axe de la partie la plus étroite. La teneur varie de 23 à 65 p. 100. Une roche analogue se rencontre sur la rive gauche de la rivière Lebed, dans les escarpements de la rive : de l'oligiste, accompagné d'hématite rouge, de pyrite et de calcite, est en petits grains et en amas dans la roche, cristalline et de couleur sombre.

Des gîtes analogues sont signalés dans le gouvernement d'Erivan.

Citons enfin les sables remplis de magnésite que l'on trouve à Lenkoran (87), sur le rivage de la Caspienne, avec du fer chromé, du quartz et d'autres minéraux connexes.

[Il est à remarquer que l'on ne trouve de magnésite en place que dans les environs de Daschkessan, gouvernement d'Yélisavetpole (62).]

MANGANÈSE. — Les gisements de minerai de manganèse du Caucase sont d'une importance relativement considérable. Quoi qu'il en existe quelques traces dans toutes les régions de la Transcaucasie, les seuls gîtes importants se trouvent concentrés dans le bassin de la rivière Kvirilla. Nous passerons d'abord en revue les quelques points des autres gisements où l'on a trouvé du manganèse pour revenir ensuite au gisement de Koutaïs et au bassin de la Kvirilla.

Dans le gouvernement de Tiflis, on a trouvé, à 53 ki-

lomètres au sud-ouest de Tiflis, une couche de plus de $0^m,70$ d'épaisseur, contenant du minerai de manganèse (37). Cette couche se trouve dans un calcaire bréchoïde du sénonien. L'analyse du minerai a d'ailleurs été faite et a donné :

Humidité.	0,97	Mn. . . .	50 à 60
SiO^2.	6,00	Ph. . . .	0,015
Oxyde de fer.	5,28		
Peroxyde de manganèse.	87,71		

Ce gisement semble donc assez riche. On a trouvé d'ailleurs au sud-ouest, à une quinzaine de kilomètres, sur la route de Biéli-Klioutch, un autre gisement analogue, dans un plissement de la craie supérieure. La couche de minerai est complètement subordonnée à un calcaire bréchoïde, auquel elle est mêlée au point que par endroits la pyrolusite est blanche. Il y a de ce calcaire partout où se trouve le minerai.

Divers autres gisements, tenant 30 à 40 p. 100 de manganèse métallique, ont été trouvés dans ce gisement.

Dans le gouvernement de Bakou, on a également trouvé, non loin de la côte, à 80 kilomètres au nord-ouest de Bakou, un gisement dans des marnes à poissons, appartenant à l'éocène supérieur, épaisses de 6 mètres environ (79). La puissance totale des couches de minerai ne dépasse pas un pied. Le minerai est accompagné de gypse.

Passons au gouvernement de Koutaïs.

Les gisements de manganèse (33) sont répartis dans une certaine couche à poissons de l'éocène supérieure, et on trouve du manganèse, partout où cette couche affleure, en quantité plus ou moins considérable. Jusque dans le district d'Arvine, au sud de Batoum, on trouve des traces de pyrolusite dans des calcaires crétacés supérieurs. A 5 kilomètres à l'ouest de Novo-Cenaki, on trouve un mi-

nerai tenant 50 à 55 p. 100 de manganèse. Dans le district de Koutaïs, les affleurements deviennent très nombreux. A 35 kilomètres au nord de Samtredi, station où le chemin de fer se bifurque; à Isreti, à Kvalit, à Svir, on retrouve les affleurements des couches éocènes à poissons, avec plus ou moins de minerai de manganèse. Quelquefois, comme à Becioour, à Godotchan, on trouve le manganèse dans des couches du crétacé supérieur. A Farnali, non loin de la station Adjamati, une ligne très importante d'affleurements s'étend sur la rive droite de la Koirilla, à travers les villages de Navenakhevi, Simoneti, Dzevri, etc., dans les couches à poissons. Les analyses faites ont donné les résultats suivants :

Humidité.	0,61	1,04	5,78
Insoluble.	0,47	5,04	8,47
SiO^2	0,89	4,36	7,38
PhO^5.	1,12	1,02	1,016
Mn	57,02	55,00	45,50

Mais c'est principalement dans le district de Charopan sur les bords de la rivière Kvirilla que les affleurements sont le plus nombreux et les plus riches. La superficie des terrains riches comprend à peu près 130 kilomètres carrés, répartis dans un polygone dont les sommets seraient Rgani, Tsirkvali, Satchkheri, Nigozeti et Salieti. Ils sont divisés en deux parties presque égales par le cours de la Kvirilla qui a en ce point une direction nord-est—sud-ouest.

Les couches de minerai, accompagnées de calcaires et de grès siliceux de l'éocène supérieur, reposent directement sur une couche de la craie supérieure. Les formations qui surmontent les couches de minerai appartiennent par endroits à une époque supérieure même à l'éocène et probablement sarmatique. Toutes les assises sont d'ailleurs restées horizontales. Au point de vue orographique, elles constituent un plateau assez élevé, tra-

versé par des fentes et des vallées très profondes, comme celles de la Kvirilla et de ses affluents. Sur les rives de ces cours d'eau, les couches de craie forment des murailles presque verticales; au-dessus d'elles, en retrait et par terrasses successives se trouvent les couches éocènes et les couches supérieures, à la base desquelles se trouve le minerai, dont les affleurements sont ainsi partout très visibles.

Exceptionnellement aux environs de Makharatouban, à 2 kilomètres au nord de Zodi et à Choukrouti, sur la rive gauche, le manganèse se présente en amas énormes, verticaux dans les calcaires crétacés supérieurs. Ces amas ont la forme de veines dues à des ramifications dans la roche qui, au contact, est transformée en marbre rouge.

Les analyses ont donné, en deux points différents, les résultats suivants :

	A Zéda-Guimévi.		A Tchiatouri.	
	I	II	I	II
Mn.	54,86	59,05	54,90	50,00
O (combiné à Mn). .	31,84	24,25	31,80	34,30
Fe.	1,50	1,00	1,50	1,00
Stérile.	11,80	5,70	11,80	5,70

On peut considérer les manganèses de Kvirilla comme tenant 55 p. 100 Mn, 0,15 p. 100 à 0,20 p. 100 Ph et 2 à 6 p. 100 de silice.

Mentionnons pour terminer un gisement du même district, situé près de Chroscha, dans les grès calcaires du jurassique supérieur. C'est une anomalie.

Sur 33.300 tonnes (*) de minerai de manganèse produites

(*) La plupart des chiffres détaillés que nous donnons se rapportent à 1888; ils sont extraits de la Statistique de l'industrie minérale en Russie, publiée en 1891 pour l'année 1888.

par la Russie en 1888, le district de Charopan en avait produit 30.300, les 3.000 restantes provenant de Perm, d'Orenbourg et d'Ekatérinoslav. La production, entièrement concentrée dans le bassin que nous avons décrit, se répartissait ainsi :

Rgani	3.500	tonnes
Zéda-Rgani	11.570	—
Mgvimévi	7,440	—
Pérévici	3.200	—
Choukrouti	4.300	—
Itkhvici	340	—

Cette production était d'ailleurs en décroissance très notable sur les trois années précédentes et s'est relevée beaucoup en 1889. Voici les chiffres approchés :

1883	16.000	tonnes
1884	17.000	—
1885	56.000	—
1886	68.000	—
1887	53.000	—
1888	30.000	—
1889	70.000	—

La décroissance était due principalement à la concurrence.

Le minerai coûtait en 1888, sur le carreau de la mine, 4 à 6 kopeks (*) les 16 kilogrammes et le transport, pour la même quantité, de la mine à la station de Kvirilly sur le chemin de fer transcaucasien, revenait à 13-15 kopeks.

Il a été exporté vers l'Europe, en 1887 et 1888 :

(*) Rappelons ici que le système monétaire est basé sur le rouble divisé en 100 kopeks. La valeur du rouble papier, le seul en usage en Russie, varie dans des proportions considérables entre 2f,50 et 3f,50.

	1887	1888
De Poti	50.000 tonnes.	42.000 tonnes.
De Batoum	10.600 —	7.500 —
Total.	60.600 tonnes.	49.500 tonnes.

Les pays qui consomment ces manganèses sont principalement l'Angleterre, la Hollande, la Belgique, la France et l'Allemagne.

Les principaux exploitants sont Français.

COBALT. — Un assez grand nombre de gisements de cobaltine ont été signalés dans le gouvernement d'Yélizavetpole, aux environs de Kédabek. Le plus important est celui de Daschkessan (63). Il se trouve sous une nappe de diabase sombre contenant beaucoup d'oxyde de fer; la cobaltine est contenue dans la roche qui forme le mur de cette nappe, et qui contient en même temps des grenats et de la pyrite de cuivre; elle est d'ailleurs colorée par la cobaltine. Voici l'analyse du minerai :

As	35,97	31,63
Fe	1,44	9,85
Co	17,90	17,55
Ni	0,22	0,26
Cu	0,21	»
Roche encaissante	44,26	40,71

L'extraction du cobalt est pratiquée d'une manière relativement assez active dans les usines Siemens. En 1887, on avait extrait 1.216 kilogrammes de minerai. En 1888, on en tirait seulement 928. Mais en 1889, on trouve dans les statistiques 12.960 kilogrammes de minerai extrait, joints à 3.000 kilogrammes de matte cobaltifère provenant du traitement des minerais de cuivre mélangés de cobalt.

ANTIMOINE. — La stibine se rencontre en deux ou trois points du Caucase. Au point commun aux trois provinces du Térek, de Tiflis et du Daghestan (52), on en a trouvé deux filons, dont l'un mesure $0^m,10$, dans des schistes argileux, et tient 61,6 p. 100 d'antimoine. Dans

le gouvernement de Koutaïs, on a trouvé, en Svanétie, c'est-à-dire au nord-est, plusieurs filons et alignements de poches dans des schistes argileux dévoniens (25). L'un de ces filons, celui d'Outzeri, a donné en 1888, 8 tonnes de stibine. C'est la seule exploitation connue.

Plomb et argent. — Il existe dans le Caucase un assez grand nombre de filons concrétionnés, avec quartz, galène et minéraux connexes; mais bien peu d'entre eux ont une véritable importance industrielle. Seul, le groupe des mines de Sadone, à l'ouest-sud-ouest de Vladi-Kavkaz, sur la pente nord de la chaîne, donne une production appréciable; quelques mines du gouvernement de Koutaïs sont exploitées pour galène, la plupart accessoirement; le reste n'est pas exploité.

Tous ces filons traversent ou les roches cristallines primitives de l'axe du Caucase, ou les schistes et grès paléozoïques qui viennent immédiatement au-dessus. Il y a cependant quelques rares exceptions : on trouve un filon au sud-est de Grozni (province du Térek) dans des grès jurassiques; dans le gouvernement de Koutaïs, on trouve un amas de galène dans le kimméridjien. Mais ce sont là des exceptions.

Le groupe des mines de Sadone (30), le seul important, comprend un certain nombre de filons quartzeux concrétionnés. Le principal traverse la montagne Osséti, les rivières Sadone et Khoda; il affleure à 1.000 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, dans les roches cristallines appelées protogine. Il comprend : *a*) de la blende, avec 58 p. 100 Zn, du fer, et 0,013 p. 100 d'argent; *b*) de la galène (400 kilogrammes par mètre cube) avec une teneur moyenne de 60 p. 100 Pb et 0,15 à 0,80 p. 100 d'argent; *c*) de la pyrite de fer, tenant jusqu'à 0,012 d'argent p. 100 (sauf la pyrite cristallisée, qui n'en contient pas); *d*) pyrite magnétique en veines; *e*) calamine; *f*) fai-

bles quantités de chalcopyrite; *g*) quartz; *h*) carbonate de chaux; *i*) minéraux divers.

La teneur industrielle des minerais est 0,02 p. 100 Ag; 6,7 p. 100 Pb et 0,06 p. 100 Cu.

Un filon tout à fait analogue et de même direction H 3 1/2, se rencontre sur le ruisseau Skotidone, à 600 mètres de son embouchure dans la Sadone. La puissance de ce filon, qui affleure sur 200 mètres environ, est de 25 à 30 centimètres; mais la puissance de la galène contenue ne dépasse pas $0^{m},06$.

Puis viennent, dans toute l'étendue du bassin de la rivière Ardone (dont la Sadone est un affluent), toute une série de filons quartzeux ou de filons de barytine; près de la rivière Songoutidone, deux filons de quarz, l'un de 1 mètre, dans le granit, avec blende et galène en rognons; l'autre dans les schistes, où il est accompagné, à des distances variant jusqu'à 200 mètres, par des veines plus ou moins importantes de pyrite et de blende; non loin de là, à Bakatz, plusieurs filons avec poches de galène, ayant une épaisseur de $0^{m},60$ à 2 mètres, et appelés stouridzi, c'est-à-dire « grand gîte »; au même lieu, une trentaine de veinules s'élargissent pour former des rognons de 8 ou 10 centimètres dans le granit et dans les schistes qui le surmontent; à Kholst, une série de veines traversant la protogine au milieu d'un filon de quartz, dont l'épaisseur atteint 2 mètres; le minerai de ce point tient 50 p. 100 de plomb et 0,10 à 0,05 d'argent; il y a beaucoup de blende; en somme, une quinzaine de filons constituant un véritable champ de fractures, mais d'ailleurs assez peu riches.

Si nous passons de l'autre côté de la chaîne du Caucase, nous retrouvons dans la région de Soukhoum-Kalé et au nord-est de Koutaïs, plusieurs gisements éparpillés sur le versant sud; quelques-uns, symétriques de ceux de Sadone, mais bien plus pauvres, dans le district de Cha-

ropan; au nord-ouest ceux de la rivière Bzibi. Ces derniers se présentent en amas dans les escarpements que la montagne Dzischra-Abakou forme le long de la rivière; l'un de ces amas mesure 30 mètres sur 100 mètres. La galène qu'on y trouve tient 80 p. 100 Pb, mais seulement des traces d'argent. On les retrouve de l'autre côté de la montagne, ce qui fait supposer qu'elle est remplie d'amas analogues. Au sud-est de ces gîtes, pas très loin, on trouve encore plusieurs veines de carbonate de chaux, dans des diabases. Tous ces gisements sont très pauvres en argent.

Si au contraire nous descendons au sud, sur le flanc nord de l'Anti-Caucase et à une cinquantaine de kilomètres au sud de Batoum (6), nous trouvons un assez grand nombre de filons en connexion étroite avec les gîtes de minerai de cuivre qui seront décrits plus bas, et assez riches eux-mêmes en cuivre et en argent; pas assez cependant pour permettre une exploitation n'ayant pour objet que le plomb et l'argent. A Eni-Maala, non loin de Batoum, un filon tient jusqu'à 0,25 p. 100 d'argent. Dans toute cette région, les exploitants de minerai de cuivre produisent accessoirement de très petites quantités de galène argentifère.

Pour terminer avec les régions occidentales, mentionnons enfin des gisements assez bien connus, mais sans importance industrielle, sur le versant nord du Caucase, dans les districts de Batalpachinsk et de Naltchisk (10). Sur la rive droite du Doout, dans des escarpements formés de granite recouvert de schistes jurassiques, on voit affleurer, à une très grande hauteur au-dessus de la rivière, un filon de quartz avec galène, d'une épaisseur de $0^m,15$ à $0^m,30$. Non loin de là, un autre filon traverse le gneiss granitique, sur une épaisseur de 8 pieds.

En continuant vers l'est, et passant la frontière de la province du Térek, on trouve encore, sur la rivière Tizil-

Sou, de nombreux filons de quartz traversant un très beau granit surmonté de schistes cristallins (21). Ces filons, au nombre d'une vingtaine reconnus, ont une épaisseur variant de quelques centimètres jusqu'à 1m,50 ou même 3 mètres; ils contiennent des poches et des veines de galène, blende, pyrite de fer et de cuivre. La galène est cristalline ou en petits grains. Elle tient de 25 à 55 p. 100 de plomb et 0,02 à 0,10 d'argent.

Dans le Daghestan, nous trouvons encore quelques filons sans importance : dans le district d'Andi; au nord-ouest de Bachmoukhokh, dans le district de Samour, etc. (55).

Enfin, dans le district de Tiflis se trouvent d'assez nombreux gisements (53). Nous citerons ceux du district de Tiounet, et surtout ceux du district de Bortchali. De ces derniers, le principal est celui d'Aktala, dont l'exploitation n'a pas réussi jusqu'à ce jour. La galène, très mélangée d'autres minerais, se trouve dans la partie supérieure d'un amas de quartz, très escarpé, sans forme régulière, et au voisinage d'un plateau formé par une roche verdâtre encore mal connue. Les analyses donnent :

Cu.	3,8000	5,8000
Pb.	15,3000	11,0000
Ag.	0,0400	0,0148
Au..	0,0025	traces
Zn.	33,7000	41,6800
Fe.	8,4000	5,3800
As.	0,0054	0,0400
S	29,5643	31,0000
SiO^2.	7,5000	4,4000
CaO.	1,3000	traces

A 70 kilomètres au sud-ouest de Tiflis, et à 12 kilomètres au nord de l'usine Tschatakh, se trouve un autre filon, traversant un porphyre dioritique. Ce filon de quartz, d'une épaisseur de 4 pieds 1/2, fournit un minerai tenant 21 p. 100 galène, 33 p. 100 chalcopyrite, 34 p. 100

blende et 0,026 p. 100 d'argent, avec des traces d'or. Dans la même région une couche très puissante de grès paléozoïque, contient en différents points des veines irrégulières de barytine et de quartz, avec galène; l'argent qu'on en retire tiendrait 125 grammes d'or par kilogrammes (?).

Il nous reste à signaler, dans le gouvernement de Yélizavetpole, quelques filons quartzeux avec galène, un peu partout, mais principalement dans le district de Zangezour (68). Ces derniers se continuent dans le gouvernement d'Erivan, sur les bords de l'Arpatch oriental, affluent gauche de l'Araks. Ni les uns ni les autres ne sont exploités.

La production du minerai de plomb argentifère était détaillée comme suit, en 1888 :

Mines de Sadone	5.660^{tonn}
Gouvernement de Koutaïs.	8

Les mines de Sadone appartiennent à la Couronne; les produits sont traités sur place, dans les usines d'Alaghir. La production en argent du Caucase varie très peu, de 450 à 550 kilogrammes, chiffres entre lesquels elle oscille depuis plus de dix ans. Il est peu probable qu'elle augmente beaucoup.

Quant au plomb, l'usine d'Alaghir en a produit 150 tonnes en 1888 et 165 en 1889. Il faut remarquer que les conditions d'exploitation du plomb sont particulièrement favorables en Russie, où les minerais de plomb sont extrêmement rares. La production totale de la Russie était de 800 tonnes en 1888, et tombait à 580 tonnes en 1889. Il serait donc probablement possible d'exploiter des mines de galène dont la teneur en argent serait bien au-dessous de celle que l'on considère comme strictement nécessaire dans les autres pays d'Europe.

Zinc. — Le minerai de zinc accompagne presque

partout, dans le Caucase, le minerai de cuivre ou de plomb argentifère. Il serait superflu de mentionner à nouveau les gîtes dont nous avons déjà parlé à ces chapitres, d'autant plus que leur production est nulle. Un seul gisement, celui de Khot-Eli, est en exploitation. Il en existe deux ou trois autres dans le gouvernement de Koutaïs et dans le Kouban, que l'on peut mentionner.

Le gisement de Khot-Eli est situé dans le gouvernement de Koutaïs, au sud de Batoum, dans le district d'Artvine (16). Il se compose de deux filons, qui s'étendent au contact d'un felsit-porphyre quartzeux et d'un porphyre diabasique. Leur épaisseur est pour l'un de $0^m,35$, pour l'autre, de $0^m,45$ environ. Ils contiennent de la blende et des pyrites. Les analyses ont donné :

S.	32,857	31,956
Zn.	56,386	57,264
Cu.	6,920	6,456
Fe.	2,959	2,843
SiO^2.	0,850	1,360

La teneur moyenne pour la masse est 12 p. 100 zinc et 6 p. 100 cuivre.

Non loin de là se trouve un filon exploité aussi pour cuivre (voir plus haut), et tenant un minerai de zinc extrêmement riche. Ce filon a 35 centimètres d'épaisseur et affleure sur 300 mètres. On trouve quelquefois dans les salbandes des feuilles de cuivre natif.

A une trentaine de kilomètres à l'est, sur la rivière Imerkhevi (18), on trouve un autre filon de blende, pyrites et quartz, d'une épaisseur de $0^m,35$, pendant vers le nord, sous un angle de 75°. L'analyse a donné :

SiO^2.	35,50
Cu sulfuré.	2,86
Fe sulfuré.	10,82
Blende.	48,56
Humidité	1,54

Citons aussi dans le Kouban, dans la même vallée que les gisements de galène du district de Batalpachinsk (9), un filon de calcite avec veines de blende, traversant des schistes talqueux. Les veinules, dont l'épaisseur va de quelques millimètres à $0^{m},10$, s'arrêtent au contact des schistes. Dans ces quelques gisements, le seul exploité est celui de Khot-Eli, qui a donné, en 1888, 125 tonnes de minerai de zinc, expédié à l'étranger.

Cuivre. — A l'exception de deux ou trois points du versant nord ou l'on a signalé des minerais de cuivre, à Tizil-Sou, à Sadon, près des mines de plomb argentifère que nous avons vues plus haut, les principaux gisements de minerais de cuivre se trouvent sur le versant sud, et surtout sur le versant nord de l'Anti-Caucase, dans les gouvernements de Tiflis et de Yélizavetpole. On peut distinguer les groupes suivants :

α). Dans le gouvernement de Koutaïs, à la limite nord-est.

β). Dans le gouvernement de Koutaïs, à une cinquantaine de kilomètres au sud de Batoum.

γ). Dans le gouvernement de Tiflis et dans le cercle de Zakatali, à la limite commune.

δ). Dans le voisinage des limites communes deux à deux aux trois gouvernements de Tiflis, d'Yélizavetpole et de Érivan.

ε). Et au sud du gouvernement d'Yélizavetpole, près de la frontière de Perse.

α). Ces gisements, sont situés dans le voisinage de gisements de plomb argentifère, et ont été décrits à ce chapitre.

β). Les contreforts extrêmes de l'Anti-Caucase, du côté d'Artvinsk, de Ardala, et de la montagne Trial, à la limite sud du gouvernement de Koutaïs, sont assez riches en ro-

ches éruptives porphyriques, et sont traversés par de très nombreux filons de quartz, contenant des pyrites de fer et de cuivre avec métaux connexes. Nous citerons surtout: près de Tsansoul (14), au pied de la montagne Trial, un gisement assez irrégulier, de pyrites, cuivre panaché, etc., traversé par des veines de quartz, et dont le minerai tient 16 à 18 p. 100 de cuivre; — au voisinage, à Khot-Éli, un filon de quartz avec pyrites et blende, d'une épaisseur de 70 centimètres, traversant un porphyre diabasique; — près d'Ardala, sur la berge de la Khazna-Dery, un filon de quartz, avec amas de roches felspathiques plus ou moins kaolinisées, traversant un plateau de porphyre quartzifère et de roches crétacées, grès métamorphisés: teneur faible, 6 p. 100 environ; — en face d'Artvine (17), sur la rive droite du Tchorok, une veine de quartz épaisse de 2 mètres, au contact des grès métamorphiques et d'un porphyre quartzeux, avec pyrites de fer et de cuivre; — dans la même région, en face de Badzghiret (19), une veine de quartz avec pyrite de cuivre, blende et galène, traversant des grès siliceux, épaisseur 10 centimètres seulement. L'analyse du minerai de cette veine a été faite:

SiO^2	36,060
Sulfures Cu	23,880
Id. Fe	11,000
Id. Zn	16,220
Id. Pb	11,950
Ag	0,002
Humidité	0,650

Ce qui correspond aux teneurs:

Cu	19,02
Zn	13,02
Pb	10,35

Enfin, un assez grand nombre d'autres filons ont seulement été reconnus, sans être étudiés. Il faut encore citer cependant, à 80 kilomètres de Batoum, sur le rivage de la mer Noire, un porphyre angitique traversé par des veines minces et irrégulières de pyrite (13).

γ). La région située au nord-est de Telav et à l'ouest de Zakatali, est assez riche en filons quartzeux qui traversent tous les schistes argileux paléozoïques des premiers versants du Caucase. Un certain nombre de ces filons tiennent des quantités notables de pyrites de fer et de cuivre; non loin de Pschaweli (54), à 18 kilomètres nord-nord-est (Cu, 4,2 p. 100); à 10 kilomètres au nord-est du même lieu; dans les environs, une veine de pyrites ayant de 2 pieds 1/2 à 5 pieds d'épaisseur, avec une teneur variant de 1,4 à 17 p. 100; à l'est, du côté de Zakatali (72), un filon de 8 à 10 centimètres, traversant verticalement les schistes, avec une teneur de 5 à 7 p. 100, et beaucoup d'autres emplacements ; mais tous ces filons paraissent assez pauvres et difficiles à exploiter.

δ). Cette région, connue depuis un temps relativement long, est la plus riche du Caucase en minerais de cuivre. C'est là que se trouvent les usines de Kédabek et d'Alverdski. Les gisements sont extrêmement nombreux dans la région, et très riches, malheureusement dans un pays très accidenté, très élevé, tout à fait dépourvu de combustible; les mines sont obligées d'employer le mazout (résidus du naphte), qui revient à Kédabek au prix exorbitant de 30 roubles (80 francs) la tonne. C'est pourquoi, à l'exception des mines qui disposaient, comme celles des Siemens, de capitaux considérables qui ont permis d'établir un chemin de fer et une canalisation, les établissements de la région ne font que végéter.

Sans nous attacher à citer les innombrables points où l'on a trouvé le cuivre, partout en relation avec des roches

éruptives magnésiennes et ferrugineuses, nous décrirons seulement les plus importants d'entre eux.

Dans le gouvernement de Tiflis, les principaux sont celui de l'usine Alverdski, et de Chamblough, à 14 kilomètres au nord-est du premier.

Le premier (42), dont le caractère et les relations avec la roche encaissante ne sont pas encore parfaitement déterminés, se présente sous la forme d'un amas filonien, tantôt s'élargissant jusqu'à 25 mètres, tantôt s'étranglant pour ne mesurer plus que 3 ou 4 mètres, avec une épaisseur moyenne de 12 mètres. Il a d'ailleurs de fréquentes ramifications dans la roche encaissante. La direction est nord-nord-ouest — sud-sud-est; le pendage, ouest-sud-ouest, 45° à 50°. Au mur est développée une couche de gypse avec de l'argile, sur 30 mètres d'épaisseur environ, et une roche spéciale, bréchoïde, fracturée, qui est encaissée dans la diabase. Du côté du toit se trouve une roche gris clair quartzeuse, cristalline, avec des rognons de pyrite de fer, reposant sur des couches d'argile et de gypse avec rognons de pyrite, de blende et de galène. Entre le minerai et la roche encaissante, il existe des salbandes d'argile grasse au toucher, contenant de la chlorite. La masse de minerai se compose de pyrite de cuivre, de cuivre panaché et de cuivre gris, dans un mélange de pyrite de fer et de gypse. Le minerai le plus riche, mélangé d'ailleurs de gypse, se trouve au mur; du côté du toit, le minerai est presque exclusivement du minerai oxydé, avec des traces de galène.

La teneur en cuivre métallique varie de 7,58 p. 100 à 25,50 p. 100; la moyenne est de 10 p. 100.

L'autre gisement est à peu près analogue; il se compose de poches de 10 mètres de long sur 5 mètres d'épaisseur, alignées et constituant visiblement un filon, et encaissées par les mêmes roches que dans le gîte précédent. Au mur se trouvent des grès calcaires avec débris orga-

niques de l'époque jurassique, et traversés par une veine d'une roche cristalline mal déterminée. Le minerai est d'ailleurs très mélangé de barytine. La direction est ouest-nord-ouest — est-sud-est.

(Il faut mentionner aussi les minerais de cuivre d'Aktala, qui seront étudiés au chapitre de l'argent.)

Nous passons au gouvernement d'Yélizavetpole, pour la partie voisine des précédents emplacements; nous décrirons seulement les gisements de Kédabek, qui sont les plus importants; on peut citer cependant les amas filoniens dans un porphyre altéré, à 6 ou 7 p. 100 de cuivre, non loin de Délijane (45), sur la route de Tiflis à Erivan; le gîte de Boïte, avec 29 p. 100 de cuivre (?); celui de Karavan-Saraï (43), sur la même route d'Erivan, formé d'un filon de $0^m,60$ dans une roche porphyrique, etc.

Les gisements de Kédabek (64), situés à l'extrémité orientale de cette longue zone de 200 kilomètres sur 50 kilomètres, riche en minerais de cuivre, se composent de grands amas, ramifiés dans la roche encaissante, et coupés par de larges fentes remplies d'une masse argileuse, dans des directions variées. Actuellement on connaît quatre amas principaux, savoir :

1° L'amas supérieur, de forme elliptique, orienté est-ouest, mesurant 200 mètres dans cette direction; large de 30 mètres et pendant vers le sud, sous un angle de 35° à 45°.

2° Le Karl-Stock, à 4 ou 5 mètres au-dessous, de mêmes dimensions.

3° A 8 mètres plus bas encore, un amas de cuivre oxydé, noir, encore mal connu.

4° Le Werner-Stock, à 120 mètres de l'amas supérieur, direction nord-est — sud-ouest, pendage nord-ouest, à 45°; longueur, 50 mètres, largeur, 10 mètres.

Il faut ajouter à cela trois autres amas, non encore explorés.

Tous ces amas se composent d'une roche quartzeuse remplie de rognons de pyrites et de cuivre oxydé noir; en outre, dans les fentes de la roche, on a trouvé de fines feuilles de cuivre natif. La roche quartzeuse en question, vue au microscope, apparaît formée de grains de quartz dans lesquels se trouvent mélangés par endroits des cristaux de feldspaths divers, de magnétite, de pyroxène et d'amphibole; avec mica; au centre de ces grains se voient de jolis cristaux de zircon, de topaze, de brucite, d'anatase, de tourmaline et d'autres minéraux.

Dans tous les amas (sauf 3°) il y a, outre les pyrites, de la blende, de la galène, du gypse et de l'oxyde de fer.

On ne trouve pas, dans ces amas, de roches andésitiques, si répandues pourtant aux environs de Kédabek et de Kalakent.

Voici les analyses correspondant aux quatre amas explorés :

1° *Amas supérieur.*

		Gros grains.		Petits grains.
	Morceaux.	1	2	
Ag.	0,0365	0,0220	0,0158	0,0070
Cu.	31,9030	12,3240	12.7430	19,7520
Fe.	31,0640	34,3830	17,0430	35,9140
S.	33,3017	38,8540	22,1210	40,4430
Résidus insolubles.	0,3200	11,2930	0,2630	1,0140
Mn, Sb, etc.	3,3748	3,1240	7,8145	2,8690

2° *Karl-Stock.*

	Riche.	Moyen.	Pauvre.
Cu.	25,966	9,290	0,250
Fe.	26,133	15,660	36,293
Zn.	4,736	1,871	»
S	32,080	22,325	39,520
Insoluble	6,968	46,460	10,882

3° *Amas n° 5 (ou Arnold-Stock).*

	Riche.	Pauvre.
Cu.	22,050	5,860
Fe.	14,311	41,400
Zn.	5,820	3,455
S.	23,736	44,495
Insoluble.	30,376	2,428

4° *Minerai pris à 50 mètres au Sud de 1°.*

	Riche.	Moyen.	Pauvre.
Cu.	18,820	7,120	3,190
Fe.	27,481	25,925	35,257
Zn.	4,350	5,103	3,244
S.	28,429	25,801	25,993
Insoluble.	9,852	15,251	27,084

Enfin, on peut considérer comme appartenant à la même zone les minerais de cuivre signalés au nord-est du gouvernement d'Erivan, mais non encore exploités activement. Ils sont de même nature. Ainsi dans le district de Novo-Bayazet, près de l'usine de Miskhan, se trouve, dans la syénite, un filon de roche quartzeuse, rouge, poreuse, avec calcédoine contenant de très beau minerai de cuivre avec pyrite de fer et molybdénite. Dans le district d'Alexandrapol, non loin de là, se trouvent plusieurs gisements répartis sur les flancs septentionaux du mont Ararat. Ces gisements sont tous, comme les précédents, en relation étroite avec des roches porphyriques. Le principal, près de l'usine de Cîtzimadan, près de la route de Tiflis à Alexandrapol, se compose d'un filon de diabase, riche en chlorite et en oxyde de fer, à très petits éléments, avec une épaisseur de 4 pieds environ, traversant des calcaires blancs, siliceux, dans lesquels on n'a découvert jusqu'ici aucun débris organique. Cette diabase est accompagnée d'une formation de contact, de 7 pieds d'épaisseur, ayant elle-même la forme d'une veine, se composant d'une roche de couleur tendre, grisâtre, magnésienne, quelquefois argileuse,

riche en chlorite, ou au contraire ferrugineuse et quartzeuse. C'est cette roche qui contient du minerai de cuivre sulfuré, et aussi, dans le voisinage du calcaire encaissant, un peu de minerai oxydé. Les sulfures sont accompagnés de pyrite de fer, d'oxyde de fer, et de gypse.

Le minerai tient 12 à 15 p. 100 de cuivre métallique.

Citons encore deux ou trois filons dans des porphyres. à l'est et au sud-est du précédent.

Les gisements de ce groupe, qui sont d'ailleurs les seuls du Caucase qui fassent l'objet d'une exploitation, ont l'avantage d'être situés seulement à une soixantaine de kilomètres de la voie ferrée. Mais les chemins sont mauvais, et, qui pis est, peu sûrs; les brigandages sont encore très fréquents dans cette partie du Caucase, et les colonies allemandes qui sont venues s'y établir à la suite de la maison Siemens ont souvent à souffrir des déprédations des Tatars.

ε). Ces gisements, qui sont exploités depuis longtemps, mais sans beaucoup de succès, sont tout à fait au sud du gouvernement d'Yélizavetpole (74), dans le district de Zangezour, près de la frontière de Perse, et s'étendent dans le district de Nakhitchevan (gouvernement d'Erivan). Il est probable que d'ici peu ils seront exploités; un puissant propriétaire de mines vient d'acheter les terrains, et se propose de commencer la construction d'une route. C'est en effet la première chose à faire, car la route d'Yélizavetpole à Choucha s'arrête à peu de distance au sud de cette dernière ville, et il serait impossible d'exploiter sans la prolonger jusqu'aux gisements. C'est cependant ce qu'ont tentés les propriétaires actuels des usines de Katar, de l'Ougour-tchaï, de Galizour et des Lazarew. Mais la statistique de production de ces usines, produisant seulement entre elles toutes 25.000 pouds (c'est-à-dire 400 tonnes), en 1889, montre qu'elles sont loin de se livrer à une exploitation active.

Tous ces gisements sont en relation étroite avec une très importante venue de diabase qui se trouve entre le granit, au sud-ouest, et le jurassique, au nord-est. Le plus important, situé sur les deux rives de l'Agarak-tchaï, non loin du village d'Agarak, est formé par une brèche, contenant des morceaux de granit cimentés par une argile ferrugineuse. La structure compacte et la couleur grise que cette roche possède en profondeur, ne subsistent pas à la surface, où la couleur devient rouge et où la décomposition des feldspath rend la roche friable. Le minerai, qui se trouve en amas dans la brèche, et la cimente quelquefois, se compose de malachite, d'ajocite, d'oxyde de cuivre, mélangé d'oxyde de fer compacte et terreux; il y a aussi du cuivre natif, en grains ou en minces filaments. Dans des travaux abandonnés, sur la rive droite de l'Agarak-tchaï, la brèche est traversée par des filons de quartz tenant du minerai de cuivre et de la molybdénite.

Cette brèche, qui mesure $0^m,60$ d'épaisseur au moins, se trouve au contact de deux roches cristallines : l'une, au toit, est une syénite plus ou moins granitique; l'autre, au mur, est analogue à la diorite. Les éléments de la brèche proviennent surtout de la première roche. Au voisinage, la diorite tient de minces veines de cuivre noir et d'azurite; la syénite tient de la pyrite de fer et de cuivre.

Teneur de la brèche : 10 p. 100 cuivre métallique.

D'autres gisements, formés généralement de filons quartzeux, se rencontrent dans la région. Près de Bachkent et de l'usine des frères Lazarew', une veine de quartz avec pyrites traverse des conglomérats et des grès oxfordiens, avec une épaisseur de $0^m,10$ à $0^m,50$. Ces grès et ces conglomérats sont d'ailleurs transformés en tufs par une venue de diabase à olivine qui se fait jour non loin de là. — Citons encore les gisements de

l'Ougour-tchaï, dans des conditions analogues, tenant 10 p. 100 cuivre, et ceux de Barabatoum, à 4 verstes de Katar, le tout dans l'oxfordien.

Des différents gisements de cuivre que nous venons de passer en revue, il en est très peu qui soient l'objet d'une exploitation vraiment rémunératrice et beaucoup sont inexploités. La production du cuivre au Caucase n'augmente que très lentement. En 1879, le Caucase produisait 820 tonnes. En 1889, il en produisait seulement 1.500. Sur ces chiffres, la plus grande part appartient incontestablement aux usines de Kédabek et de Kalakent (1.000 tonnes); puis, aux usines du district de Zangezour (400 tonnes) et le reste aux différentes usines de la même région. Les minerais employés sont pris sur place. Il faut ajouter à ces chiffres statistiques le cuivre correspondant au minerai extrait de la mine de Khotskie, près de Koutaïs, considérée comme mine de zinc : environ 350 tonnes de minerai.

La production totale du minerai de cuivre au Caucase était, en 1838, de 24.000 tonnes environ.

Mercure. — On connait au Caucase, très mal d'ailleurs, deux points où il existe du cinabre. L'un se trouve dans le Kouban, à Ficht, district de Maïkop, à une altitude de plus de 9.000 pieds. On n'en sait pas davantage. Quant à l'autre, il vient d'être découvert dans le Daghestan, à Kourousch, district de Lamour, et quelques démarches ont été faites par le propriétaire de la grande mine de mercure de Nikitovka (Donetz) en vue de l'exploiter. Les morceaux analysés ont donné les résultats suivants :

Hg.	74,72 p. 100
S.	11,76 —
Résidus insolubles.	13,52 —

Or. — I. *En place*. — Sous ce mode de gisement, l'or est très rare dans le Caucase. On en a signalé quelques

filons seulement. En Svanétie (gouvernement de Koutaïs), près de Tchkhoudner, on a trouvé l'or sous forme de tout petits grains, incrustés dans la masse d'un quartz à demi corrodé, blanc laiteux, avec des parties jaunâtres, gras au toucher (23). On a trouvé aussi l'or en minces filaments dans le quartz, qui forme parfois de véritables poches, avec ramification dans la roche encaissante. Celle-ci se compose de schistes argileux, probablement dévoniens.

Le quartz contient en outre de la galène, de la pyrite de fer et de cuivre, des grains de cuivre et de l'oxyde de fer.

En deux autres points de la même région, on a trouvé des gisements analogues.

Dans le gouvernement de Tiflis, on a trouvé de l'or dans divers filons de la région d'Akhtala, exploités pour plomb argentifère.

Enfin, dans le gouvernement d'Yélizavetpole, on trouve, sur les bords de la rivière Akstafa, une veine de quartz de $0^{m},35$ d'épaisseur, traversant de l'est à l'ouest sur une masse de syénite porphyrique (59). Le quartz y est spongieux; l'or natif y est mélangé d'oxyde de fer, de grains de cuivre et de pépite. La teneur s'élève de 5 à 10 grammes par tonne.

II. *Dans les sables.* — On a trouvé des sables aurifères en un certain nombre de points, principalement dans les gouvernements de Koutaïs, de Tiflis et d'Yélizavetpole. La teneur de ces sables est d'ailleurs partout très faible.

Les points indiqués dans le gouvernement de Koutaïs se trouvent en Svanétie, dans la même région que les filons cités plus haut (24). Ils reposent sur les mêmes schistes argileux, mais sont très mal explorés; on ne les connaît guère que par quelques échantillons de cailloux contenant des grains d'or mélangé d'ailleurs à une certaine quantité d'argent.

Dans le gouvernement de Tiflis, on a signalé aux envi-

rons de Machaver et de Bachkichet (district de Bortchalinsk) quelques gisements sans importance (38).

Sur le parcours de la rivière Akstafa (gouvernement d'Érivan et de Yélizavetpôle) et de ses affluents, on a trouvé quelques placers (58). L'un d'eux, sur la rivière Baldani, épais de $0^m,30$ à 1 mètre, tient de quelques milligrammes à 1 gramme par tonne. Trois autres sont à citer : le premier, large de 4 à 20 mètres, long de 2 kilomètres et demi, comprend des sables venant immédiatement sous la terre végétale, qui n'a que quelques pouces d'épaisseur. Il y a deux couches : l'une, de $0^m,60$ à 1 mètre, tient environ $2^g,5$ par tonne; l'autre, de $0^m,45$ repose directement sur la roche, et tient un peu moins; toutes deux sont composées de galets de porphyre, de calcaire et de quartz. Le second, mesurant 1.600 mètres environ, sur 6 à 10 de large, a 1 à 2 mètres d'épaisseur de sable tenant de 1 à 8 grammes par tonne. Le troisième, qui a seulement 550 à 600 mètres de long, sur 6 mètres, sous 6 mètres d'argile, tient seulement 1 à 3 grammes par tonne.

Plus près de Yélizavetpole, on trouve un certain nombre de placers (61) : sur le cours de la rivière Djaghir-Tchaï; à Annenfeld; à 6 kilomètres d'Yélizavepol, dans un creux qui contient trois couches distinctes de sables aurifères (ces trois emplacements sont très pauvres; la teneur n'atteint pas 1 gramme par tonne); non loin de l'emplacement précédent, trois couches, dont les deux supérieures tiennent 1 gramme par tonne.

Citons enfin deux gisements isolés, l'un sur un affluent de l'Araks, dans le gouvernement d'Érivan, très pauvre, en sables avec galets de granit, syénite, diorite et grès (66); l'autre, le seul au nord du Caucase, et même assez loin de la chaîne, sur le cours du Terek, aux environs et en amont de Mosdok (34). Ce dernier comprend trois couches de sable sous une épaisseur de tourbe de 1 mètre au plus.

La couche supérieure seule contient des quantités appréciables d'or (pas plus de 1 gramme à la tonne, d'ailleurs). Elle a $0^{m},45$ d'épaisseur. On peut dire en général que tous ces gisements sont trop pauvres pour être exploités, à l'exception peut-être de ceux du gouvernement de Tiflis.

Passons maintenant aux combustibles.

NAPHTE. — La chaîne du Caucase est entourée d'une ceinture, plus ou moins continue et plus ou moins serrée, de gisements de naphte; et ce fait se continue jusqu'au delà de la Caspienne, où l'on trouve du naphte, très peu abondant d'ailleurs, au pied des montagnes du Turkestan, continuation évidente du Caucase. Très abondant aux environs de Bakou, tout autour de cette extrême prolongement du Caucase qui forme la péninsule d'Apschéron; moins abondant à l'autre extrémité du Caucase, dans la presqu'île de Tamansk, on en trouve encore, en quantités jusqu'ici assez peu considérables, dans toute la partie intermédiaire, de chaque côté de la chaîne. On peut dire que, comme les gisements qui longent les Alleghanys, le naphte existe presque exclusivement au point où les couches commencent à se relever, au point de transition entre la plaine et la montagne; et on peut ajouter que les gisements sont d'autant plus abondants que la transition est moins brusque et que les montagnes voisines sont moins élevées : témoin Bakou et la presqu'île de Tamansk. Comme en Pennsylvanie, le naphte n'est pas complètement localisé dans certaines couches. Il est vrai que presque partout on le trouve dans le tertiaire supérieur; mais cela peut venir de ce que ces couches sont, à peu près partout, composées d'alternances de marnes et de sables, c'est-à-dire de couches perméables et de couches imperméables, et aussi de ce que l'altitude de ces couches est à peu près la même partout. D'ailleurs on a trouvé,

en un point du gouvernement de Koutaïs, deux ou trois sources dans le jurassique supérieur; d'autre part, on a cru pouvoir affirmer que le naphte trouvé en certains points dans le tertiaire provient de couches autres que celles où on le trouve. Il est donc permis d'attribuer au naphte une origine différente de celle des couches où il se trouve, et même complètement indépendante des phénomènes de sédimentation. Faut-il, partant de là, lui attribuer une origine interne et éruptive? On s'est appuyé, pour soutenir cette thèse, sur les phénomènes prétendus éruptifs des environs de Bakou. Il nous semble cependant que les éruptions des volcans de boue et autres phénomènes peuvent être attribués tout simplement à la pression des gaz contenus dans le naphte; et que ces phénomènes pourraient bien être le résultat de la présence du naphte, plutôt que sa cause. En résumé, il est impossible, dans l'état actuel de la science, de se prononcer sur l'origine du naphte du Caucase.

Nous étudierons successivement les différents gisements reconnus, en commençant par le versant nord, et en terminant par la péninsule d'Apschéron. On peut distinguer les groupes suivants :

α) Presqu'île de Tamansk et partie sud-ouest de la province du Kouban.
β) Partie sud-est de la province du Térek et Daghestan.
γ) Gouvernement du Koutaïs, partie nord (versant méridional du Caucase); gouvernement de Tiflis; gouvernement de Yélizavetpole (versant méridional du Caucase).
δ) Péninsule d'Apschéron et environs.
ε) Anti-Caucase.

α) La presqu'île de Tamansk, véritable pendant de la presqu'île d'Apschéron, est constituée uniquement par des dépôts tertiaires recouverts de formations quaternaires, loess et coulées de boue provenant des volcans qui s'y trouvent (1). Le naphte que l'on y a trouvé présente

une couleur vert clair ou presque blanche; il est à demi-transparent et très léger (densité : 0,755-0,825). Il tient 80 p. 100 d'huile d'éclairage. Comme nous le verrons, il constitue par ces propriétés une exception au milieu des naphtes du Caucase, généralement lourds et très riches en carbone. Les couches qui le contiennent constituent une très épaisse formation de sables argileux, très meubles, de l'époque tertiaire. La répartition du naphte y est d'ailleurs tout à fait irrégulière et mal définie. D'après M. Konchine, ce naphte proviendrait des couches secondaires ; il résulterait d'une sorte de distillation d'un naphte plus lourd, répandu dans les couches inférieures. Cette conclusion est très intéressante au point de vue scientifique, d'autant plus qu'elle est entièrement conforme aux observations antérieures de MM. Sorokine et Simonovitch relativement au naphte blanc de Sourakhan (Apschéron).

Les couches naphtifères, qui affleurent un peu partout dans la presqu'île, continuent à affleurer en se relevant un peu contre le crétacé, le long de la chaîne qui limite le Kouban au sud, et sur toute la ligne de leurs affleurements on trouve du naphte (2 et 3). Les gisements de cette région ont à peu près tous le même caractère orographique : ils se présentent dans d'étroites vallées ou dans des gorges profondes et resserrées, limitées par des pentes très rapides, couvertes de végétation. Au fond serpentent de petits ruisseaux et des torrents, qui n'ont guère d'eau qu'au printemps.

Les sources de naphte apparaissent plutôt sur les pentes des vallées que dans les fonds, où elles sont cachées sous les alluvions. Le naphte y est généralement accompagné par : *a*) de l'eau, douce ou salée, ou alcaline; quelquefois iodée; *b*) des produits bitumineux; *c*) des carbures et des gaz hydrosulfureux. La coupe géologique de la région est la suivante :

a) Couches inférieures improductives : calcaires clairs et sables compactes. Presque pas de naphte.

b) Couches inférieures productives : argiles et sables alternés, plus ou moins saturés de naphte léger (0,766 à 0,915). L'épaisseur de cette couche, la seule où l'on trouve du naphte léger dans le Kouban, est de 250 pieds. Ce sont les couches pétrolifères de la presqu'île de Tamausk.

c) Couches moyennes productives : Argiles vertes et schisteuses, coupées par endroits de sables et de marnes saturés de naphte. En somme, trop pauvres pour être exploitées.

d) Couches supérieures, productives, dolomitiques. Ces couches sont uniquement composées d'un calcaire dolomitique qui est le type de la roche pétrolifère au Kouban. Elles sont disposées par lits au milieu d'une très grande masse de dolomies compactes ; mais elles sont elles-mêmes poreuses et spongieuses. La puissance totale de ces dolomites poreuses va de 20 à 30 mètres. Le naphte y est lourd et épais ($d = 0,945 - 0,985$). L'épaisseur totale des dolomites compactes dépasse 100 mètres.

D'après M. Konchine, les trois premiers horizons sont de la fin du miocène ; le quatrième est sarmatique. Les couches pendent naturellement vers le nord-est, perpendiculairement à la direction du Caucase. Leurs affleurements, jalonnés par les sources de naphte, se perdent au sud de Maïkop.

β) Si l'on continue vers le sud-est, jusqu'à Vladi-Kavkaz, on ne trouve plus de naphte, et ce n'est qu'après avoir dépassé Vladi-Kavkaz que l'on retrouve des sources. Elles sont alors alignées suivant deux droites parallèles, distantes d'une quarantaine de kilomètres d'abord, mais qui se rejoignent vers l'est (48, 50 et 51). Le mode de répartition suivant les couches géologiques est assez mal défini. On sait seulement que le naphte se trouve dans des couches tertiaires ; mais tantôt, comme à Istissou et aux environs,

les couches pétrolifères sont des grès; tantôt ce sont des sables et des argiles, comme à Karaboulack. Lorsqu'on descend les pentes du Caucase, vers le nord, par une des petites vallées de cette région, on rencontre d'abord des calcaires blancs, gypseux; puis des grès et des argiles tertiaires, où se trouve le pétrole, puis des couches ferrugineuses, et enfin des tufs calcaires, recouverts eux-mêmes par une épaisse couche de conglomérats. La couche d'argile et de grès est sillonnée de fissures, par où s'écoule le naphte, avec de l'eau, tantôt en suintant goutte à goutte, tantôt remplissant des cavités naturelles ou artificielles. Les eaux qui accompagnent le naphte ou qui sortent des sources voisines sont parfois salées, sulfureuses, et souvent chaudes. Les ruisseaux ainsi formés ont généralement leur surface irisée par le naphte.

Ce sont les mêmes couches que l'on retrouve dans le Daghestan (76 et 77), et il est à supposer que le naphte de toutes ces régions, très lourd et d'une densité variant de 0,900 à 0,950, est de même provenance que celui du Kouban (la péninsule de Tamansk mise à part).

Il faut cependant signaler un gisement trouvé à 15 kilomètres au sud-ouest de Petrovsk, dans la craie supérieure. Le naphte y est également très lourd.

Sauf cette exception, le naphte se trouve partout dans les couches tertiaires, et les sources suivent le rivage de la Caspienne jusqu'à la péninsule de l'Apschéron.

Ces sources du groupe β) bien que donnant un naphte très lourd, pourraient bien avoir un certain avenir, car elles jalonnent pour ainsi dire le tracé du chemin de fer de Vladi-Kavkaz à Petrovsk, actuellement en construction.

γ) Dans la partie nord-est du gouvernement de Koutaïs, on trouve (32) quelques sources de naphte, peu importantes au point de vue industriel, mais intéressantes parce qu'elles sont dans le jurassique supérieur, oxfordien et kimmérid-

jien. Le naphte y est généralement lourd et épais.

Si nous continuons vers l'est, nous trouvons dans le gouvernement de Tiflis (36), toute une série de gisements pétrolifères, peu riches, mais très nombreux. L'un d'eux, près de Gori, est situé dans le jurassique moyen (oolithe). Les autres sont, comme ceux du Kouban, dans le tertiaire. On en a attribué un certain nombre à l'éocène supérieur, et les autres, particulièrement nombreuses aux environs de Signak, au sarmatique; mais il est en réalité assez malaisé de se prononcer. Voici la composition des couches de Signak :

1° Marnes bleues, avec naphte;
2° Grès gris-clair, calcaires;
3° Conglomérats;
4° Grès avec gypse intercalé;
5° Marnes grises et rouges;
6° Grès schisteux avec naphte;
7° Grès avec lignites.

Ces gisements se continuent dans le gouvernement d'Yélizavetpole (73). Le naphte y est noir et épais. Il est souvent accompagné de sources thermales et minérales.

δ) Nous arrivons maintenant au gouvernement de Bakou, avec ses richesses pétrolifères considérables. Bien que la presque totalité des sources de naphte soit concentrée dans la presqu'île d'Apschéron, il en existe un peu dans toute l'étendue de gouvernement. Ainsi, au sud-est de Couba, sur le rivage de la mer Caspienne, il existe une source, avec du naphte dont la densité varie de 0,840 à 940. Dans les districts de Chémakh et de Djevat, il existe un peu partout des suintements de naphte lourd. Il faut citer surtout un fait curieux : non loin de Laliani, au sud-est de Djevat, on a trouvé une crevasse de 30 à 40 pieds, remplie d'eau salée, grisâtre et fangeuse, qui monte ou descend, et se recouvre d'une écume brune. Elle est très fortement agitée par un courant

de gaz chauds dont le dégagement est constant et continu, de sorte que l'eau semble toujours être en ébullition. L'écume qui se trouve sur l'eau est remplie de naphte. La température de l'eau varie aux environs de 27° Réaumur, et celles des gaz, aux environs de 33°.

Si l'on se rapproche de Bakou et de la presqu'île d'Apschéron, on voit les sources devenir de plus en plus nombreuses et abondantes. Elles sont presque partout accompagnées de kirr (naphte oxydé, bitumineux) et de sources salées. Elles se trouvent généralement sur la moitié sud ou sur la moitié est des plis anticlinaux, fait très remarquable et que l'on constate particulièrement à Binagadine et à Balakhani. Il est intéressant en effet de constater que le naphte se retrouve toujours dans les parties où les couches *commencent* à se relever pour former la chaîne du Caucase.

Les terrains qui forment la péninsule d'Apschéron sont uniquement tertiaires et post-tertiaires. Voici d'ailleurs, en commençant par le haut, la suite des formations que l'on rencontre.

a) Formations des lacs, dépôts de sel, de bitume, et produits des volcans de boue, sables volants, et graviers littoraux.

b) Couches anciennes des dépôts de la Caspienne : argiles roulées, conglomérats et dépôts apportés par le vent.

Ces deux premières formations sont quaternaires.

c) Sables et grès des formations aralo-caspiennes supérieure et inférieure.

d) Sables, grès et marnes pétrolifères, de l'époque aligocène.

e) Marnes à poissons et schistes éocènes.

Les formations *a*) et *b*) sont locales et superficielles ; et les trois autres seulement jouent un grand rôle dans la structure de l'Apschéron.

Cette presqu'île a une surface assez inégale ; peu élevée d'ailleurs (les sommets les plus élevés, l'Osman-Dag et le Kiourgez, ne dépassent guère 1.300 pieds). Elle est traversée par des vallées larges, peu profondes, et souvent fermées, qui donnent lieu, dans ce dernier cas, à des lacs salés, tel est le Beiok-Chor, ou lac de Balakhany, situé dans une dépression au milieu de la presqu'île.

Comme l'ont très justement fait remarquer MM. Sorokine et Simonovitch, la presqu'île d'Apschéron présente une constitution géographique en rapport intime avec sa constitution géologique, par suite de ce fait, que les agents atmosphériques ont une action presque nulle et n'ont pour ainsi dire pas altéré encore les formes des mouvements de terrain; d'ailleurs l'étude de la nature des terrains est facilitée par l'absence complète de végétation.

On peut distinguer très facilement deux directions principales de fractures : l'une nord-est et l'autre nord-ouest. Il existe des indices certains, permettant d'affirmer que ces deux séries de dislocations se sont répétées plusieurs fois en alternant l'un avec l'autre. La dernière dislocation nord-est a eu lieu après la formation des dernières couches, après l'époque pliocène; elle est plus faible que les autres. — Les points de rencontre des deux lignes de fractures donnent généralement lieu à des points culminants, qui sont comme les nœuds d'un réseau. Seulement il y a de grandes différences, suivant que ces points de rencontre ont lieu aux affleurements des couches de naphte, ou au contraire aux affleurements des couches aralo-caspiennes. Dans le premier cas on a le plus souvent affaire à des volcans de boue. Dans le second cas, la nature rocheuse des couches a fait que l'on a simplement affaire à une crête de partage d'eaux.

On distingue d'ailleurs très facilement les couches de naphte, qui sont très friables et donnent lieu à des pentes

très douces, des couches aralo-caspiennes qui sont rocheuses et donnent lieu à des escarpements.

De plus, les couches pétrolifères sont presque toujours signalées par des dépôts de sel, qui se forment encore aujourd'hui, par suite de l'action lente et continue des eaux atmosphériques. Les eaux souterraines, qui suivent les couches perméables (c'est-à-dire les couches de naphte), produisent à leur sortie des érosions caractéristiques, et transforment en grès les sables qu'elles traversent. Cette dernière action de métamorphisme est très caractéristique, et permet de distinguer de loin les affleurements des couches aquifères. Les couches à naphte de l'Apschéron appartiennent exclusivement à l'oligocène. Le naphte est concentré principalement dans les sables et les grès; dans les autres couches (marnes, argiles, grès argileux), il y en a très peu; et d'ailleurs, les traces de naphte que l'on y trouve proviennent évidemment des autres couches, car elles dépendent de la pente, des fissures, et de la distance aux couches naphtifères. La même chose se passe pour les gaz carburés. D'ailleurs toutes les couches de sable et de grès ne contiennent pas nécessairement du naphte; la répartition de la richesse en naphte est très inégale, et dépend à la fois de la nature physique des couches, de leur compacité, en somme, de toutes les particularités de leur structure.

Les gisements se manifestent le plus souvent, ou bien sur les pentes des plissements, ou bien dans les vallées étroites qui les traversent.

La sortie du naphte de couches postérieures à l'oligocène, comme à Sourakhan et à Kala, est un phénomène relativement rare et dépendant des conditions orogéniques du sol, par suite desquelles il s'est produit des dépôts dus aux émanations venant des couches oligocènes.

La puissance totale des couches naphtifères oligocènes reconnues atteint aujourd'hui 6.000 pieds; mais l'épais-

seurs des grès et sables qui seuls tiennent le naphte ne dépasse pas 1.000 pieds. Quant à ses propriétés, le naphte de l'Apschéron est plus ou moins épais de consistance huileuse, d'une couleur brune ou noire, rarement incolore (Sourakhan), dichroïque et fluorescent. Il y a d'ailleurs des différences de densités assez prononcées : le naphte blanc de Sourakhan est assez léger (0,785), la moyenne est de 0,854 à 0,905.

A Balakhany, le naphte, en sortant des puits, est accompagné d'eau salée. Il était permis de supposer que c'était l'eau de la Caspienne venue à travers les couches; mais cette supposition a été démentie par l'analyse que voici :

$NaCl$	36,3410
KCl	0,8406
$CaCl$	2,0152
$MgCl$	0,3671
Al^2Cl^3	0,0665
Fe^2Cl^3	0,2052
Phosphate de chaux	0,5229
SO^3HO et Mn	traces

On voit qu'il n'y a pas trace de brome ni d'iode. En réalité, cette eau provient, comme toutes les eaux salées des sources de la région, du remaniement par les eaux douces des couches salées de formation marine.

Les sources de naphte sont réparties sur toute la surface de l'Apschéron et jusqu'au sud de Bakou, à Bibi-(80 à 86) Aïbad. Elles existent aussi sous la Caspienne et dans les îles qui d'ailleurs paraissent être pour la plupart d'une formation analogue aux volcans de boue.

ε) Quelques sources de naphte ont été trouvées sur le versant nord de l'Anti-Caucause, en particulier dans le gisement de Koutaïs, près d'Ozourgheti (11). Ces sources sortent des flancs des plissements des couches sarmatiques.

Dans le gisement d'Erivan, on a trouvé aussi quelques sources aux environs de Nakhitchevan (67).

La production du naphte au Caucase était la suivante pour les années 1888 et 1889 :

	1889 tonnes	1888 tonnes
Bakou	3.282.633	3.209.953
Ylizavetpole.	50	33
Tiflis	921	629
Térek.	4.595	2.690
Daghestan	23.032	20.783
Kouban.	4.773	4.773
Total.	3.316.004	3.238.861

La production du naphte au Caucase n'a fait que s'accroître, dans des proportions colossales, depuis 1872 jusqu'à la fin de 1890. Cette augmentation est due surtout au déveleppement de Bakou. La compagnie du Standard russe, établie à Novorrosircz pour l'exploitation des naphtes du Kouban, n'a pas très bien réussi ; le naphte est lourd et épais, peu rémunérateur par conséquent, et de plus cette compagnie a eu à surmonter des difficultés relatives aux concessions de terrains. En somme, les naphtes autres que ceux de l'Apschéron semblent de qualité inférieure, et il serait peut-être téméraire de compter en tirer bénéfice. Quant à l'Apschéron même, nous croyons que l'épuisement n'est pas encore proche. Sur les terrains pétrolifères connus actuellement, la moitié seulement est concédée, et l'exploitation n'y est pas encore arrêtée, loin de là. Il ne faut d'ailleurs nullement (et la même remarque s'applique à la Pennsylvanie) conclure de variations de la production annuelle à la richesse plus ou moins grande des gîtes exploités ; ce qui fait surtout varier la production, ce sont des causes commerciales (*).

(*) Pour plus de détails sur ce sujet, voir *infrà*, *Annales des mines*, 8e livr. de 1892, p. 117 et suiv.

HOUILLE. — Il existe au Caucase de très nombreuses couches de houille. En presque tous les points où affleure le jurassique, on trouve de très minces couches de houille ou de lignite, dont la qualité laisse d'ailleurs beaucoup à désirer. Pour cette raison et aussi à cause du bas prix des produits du naphte, en particulier des résidus qui peuvent remplacer la houille pour une foule d'usages, on exploite très peu les gisements connus. Les seules mines exploitées sont celles du Kouban et du gouvernement de Koutaïs, et leur production est insignifiante. Les deux autres groupes de gisement assez importants pour mériter mention, à savoir celui du Daghestan et celui du gouvernement de Tiflis, ne sont pas exploités ; quant aux autres gisements connus jusqu'à ce jour, ils sont trop pauvres pour donner une espérance quelconque.

Nous décrirons d'abord les quatre groupes ci-dessus nommés.

α) Kouban et Térek. — Ces couches, qui affleurent principalement dans la vallée de la rivière Kouban (8), district de Batalpachinsk et à l'est de ces points dans le district de Naltchiksk, appartiennent pour la plupart au jurassique moyen. Les affleurements sont très nombreux sur la Kouban et sur ses affluents. Mais on rencontre très rarement plus d'une ou deux couches à la fois. Leur épaisseur va de quelques centimètres à $0^{m},60$ et atteint quelquefois 1 mètre, jamais plus. Le centre des affleurements est à peu près au village de Khoumarinsk sur la Kouban ; on a tiré à cet endroit de la houille dont voici l'analyse :

Carbone.	51,36	58,89
Matières volatiles.	43,08	36,95
Cendres.	5,56	4,16

Le pouvoir calorifique est assez faible : 5.700 à 6.900. On retrouve des affleurements de houille en s'éloignant

vers l'est, dans la province du Térek, aux environs des gîtes de galène argentifère de Tizil-Sou (20). Sur les bords de la rivière de ce nom, non loin de l'embouchure, on trouve des schistes micacés, immédiatement au-dessus desquels se trouvent des grès, appartenant au jurassique moyen. Ces grès tiennent deux couches de houille, presque horizontales, l'une épaisse de $0^m,40$ à $0^m,50$, l'autre de $0^m,20$ à $0^m,30$, séparées par des schistes charbonneux. Plusieurs couches analogues affleurent aux environs : la houille qu'on y trouve contient 25 p. 100 de matières volatiles, 5 p. 100 d'humidité et 10 p. 100 de cendres.

Non loin de là, au sud, plus profondément dans la montagne, non loin du massif de l'Elbrouz, à 6.800 pieds au-dessus de la mer, on voit les affleurements de cinq couches de houille, séparées par des intervalles de 10, 7, 4 et 3 mètres (de bas en haut) (22). A l'affleurement, ces couches ont une épaisseur moyenne de $0^m,30$, qui augmente en profondeur.

Ce charbon tient 6 p. 100 d'humidité, 37 p. 100 de matières volatiles et 4 p. 100 de cendres. Il donne 56 p. 100 de coke, et contient 1.084 de soufre. Le coke produit ne s'agglomère pas.

β) Il existe dans le gouvernement de Koutaïs deux points principaux, assez éloignés l'un de l'autre, où se voient d'importants affleurements de houille.

Le premier est à Kaldakhvari, dans la division de Soukhoum-Kalé (7). La houille constitue là un faisceau de couches très minces, intercalées dans des grès et des argiles que l'on croit pouvoir rapporter au jurassique supérieur. Immédiatement au-dessus se trouvent des calcaires crétacés, surmontées par des marnes grises de l'éocène supérieur. Pour donner une idée de ce faisceau de couches, nous choisirons la coupe suivante prise aux environs du village de Kodjéripsch :

		mètres
1re couche. .	Houille.	0,35
	Argile.	0,50
2e couche. .	Houille.	0,30
	Argile.	1,80
3e couche. .	Houille.	0,20
	Argile.	0,25
4e couche. .	Houille.	0,05
	Argile.	3,50
5e couche. .	Houille.	0,06
	Argile.	0,18
6e couche. .	Houille.	0,40
	Argile (avec trois filets de houille).	0,55
7e couche. .	Houille.	0,15
	Argile.	1,00
8e couche. .	Houille.	0,40
	Argile.	1,10
9e couche. .	Houille.	0,35

On voit par cet exemple combien il serait malaisé d'avoir du charbon propre tiré d'un pareil gisement. L'analyse du charbon trié montre bien cette difficulté :

Carbone.	39,60	39,66
Matières volatiles.	16,74	24,60
Humidité.	4,53	4,40
Cendres.	30,00	31,40

La seconde région où l'on trouve de la houille dans ce gouvernement, comprend la partie nord-est du district de Koutaïs. C'est la partie la plus exploitée du Caucase.

Nous citerons d'abord, à 1k,5 au nord-est de Koutaïs, au lieu dit : « Motzamet », 4 couches de houille, dans les grès jurassiques supérieurs. Leur épaisseur ne dépasse pas 1m,20. Le coke (42 p. 100) ne s'agglomère pas ; la houille est d'ailleurs elle-même friable, et tient 25 p. 100 de cendres.

Plus loin, dans la même direction (29), à 5 kilomètres, nouveau gisement : deux couches ayant respectivement

1 mètre et $0^m,45$, dans des grès jurassiques moyens. La teneur en cendres varie de 18 p. 100 à 35 p. 100; la teneur en matières volatiles, de 20 p. 100 à 30 p. 100 Il y a environ 1 p. 100 de soufre. Le coke s'agglomère mal. Le pouvoir calorifique du charbon lavé atteint 6.934 calories.

On trouve encore une série de gisements analogues en continuant vers le nord-est, toujours dans le jurassique moyen. A 40 kilomètres de Koutaïs, on rencontre les très importants gisements de la rivière Tkviboul (28). Ces gisements sont constitués, un peu comme ceux de Soukhoum, par des couches intercalées dans des schistes argileux qui appartiennent à l'oolithe. L'épaisseur des couches varie de 1 à 4 ou 5 pieds. L'épaisseur totale va jusqu'à 50 pieds.

Voici trois analyses industrielles :

Carbone solide.	47,34	45,66	39,13
Matières volatiles . . .	42,97	43,60	37,90
Cendres.	99,6	10,74	22,97
		100	
Coke pour 100	57,30	56,40	62,00

Voici d'autre part une analyse détaillée d'une houille de la mine Schabourow :

Humidité	8,92
Carbone	65,46
Hydrogène.	5,25
Azote.	0,87
Soufre	1,11
Oxygène.	19,71
Cendres	7,60

Le coke produit ne s'agglomère pas.

Dans la même vallée, à 17 kilomètres seulement au nord-est de Koutaïs, on trouve d'autres affleurements; voici les analyses :

Humidité.	5.38	8,78
Matières volatiles	27,57	30,15
Coke.	22,72	35,84
Cendres	43,03	25,16

Le coke produit ne s'agglomère pas.

Dans le district de Charopan, on trouve également un très grand nombre de minces couches de houille, dans le jurassique moyen. Voici trois analyses d'échantillons pris en des points différents :

	A SCHROSCHA, près de la rivière Kvirilla, couche de 0m,15 à 0m,20, dans des grès	A MOUKHOURA, couche de 0m,12, dans des grès	A ETO, couche de 0m,60, charbon gras, résineux, cassure conchoïde
Humidité.	4,20	10,00	9,60
Matières volatiles	13,20	35,85	23,05
Carbone solide	67,95	49,00	49,95
Cendres.	14,65	4,25	17,40

γ) *Daghestan.* — On trouve dans le Daghestan un très grand nombre de gisements de houille, répartis sur les pentes nord du Caucase, généralement dans le jurassique. Nous citerons principalement :

Au sud d'Andi (69), deux couches, l'une de $0^m,60$, l'autre de $0^m,15$, séparées par $0^m,45$ de grès ; très irrégulières et contenant beaucoup d'argile ferrugineuse. Teneur en cendres, 15 p. 100. Le coke ne s'agglomère pas. Pouvoir calorifique : 4.624 calories.

Dans la même région, mais dans le tertiaire, une couche de $0^m,13$ à $0^m,17$, reposant en discordance sur des grès et argiles jurassiques.

Au sud de Gounib (70), une couche irrégulière, de $0^m,26$ d'épaisseur environ, entre des grès argileux et des argiles schisteuses tenant des veinules de houille ; sous l'argile, épaisse de $0^m,35$, on trouve une autre couche de

houille, épaisse de $0^m,12$, et au-dessous le grès. Celui-ci contient des sphérosidérites et des empreintes végétales.

Sur la rive gauche de la rivière Kara-Koï-Sou, une couche affleurant sur 200 mètres, avec une épaisseur de $0^m,25$ à $0^m,30$ (71); le charbon est compact et de bonne qualité. Le toit consiste en grès très dur avec argile et filaments de charbon dans la partie inférieure. On y remarque beaucoup de troncs d'arbres fortement pressés et carbonisés.

Aux environs de Gounib : un faisceau de 7 couches. Les deux supérieures ($0^m,08$) sont dans des grès ; la troisième ($0^m,20$) est entre des grès et des schistes ; les quatre autres ($0^m,20$ et $0^m,40$) dans des schistes argileux. Les dernières couches renferment beaucoup de cendres et donnent du charbon de mauvaise qualité ; les premières au contraire donnent de la houille de qualité excellente. Toutes ces couches sont du jurassique supérieur.

Aux environs de Kaïtavo-Tabassaranski, plusieurs couches d'une houille très riche en matières volatiles.

Enfin, non loin de la limite sud-est du Daghestan (78), une couche de $0^m,16$ dans des schistes jurassiques supérieurs, argileux, gris contenant des empreintes végétales et des sphérosidérites avec minerai de fer. On trouve d'autres couches aux environs.

δ) Il est superflu de mentionner ici toutes les couches de houille que l'on trouve en très grand nombre au nord-est de Tiflis. On les trouve principalement dans les couches tertiaires et post-tertiaires. Elles donnent de la houille généralement impure, sulfureuse, et chargée de matières volatiles. On peut en dire autant des houilles du sud-ouest de Tiflis. Voici encore quelques analyses :

	HOUILLE de Gambori (0^m,30)	HOUILLE de Kapitchi, lignite de 0^m,70, dans des grès tertiaires	TROIS COUCHES, à 8 kilomètres au sud-ouest de Akhaltzike, de 1 mètre d'épaisseur totale (tertiaires)
Carbone solide.	20,00	22,45	17,4
Matières volatiles. . . .	54,65	26,45	16,0
Humidité.	19,20	4,30	2,2
Cendres.	6,15	46,80	64,4

ε) Il faut enfin citer quelques gisements dans la région des cuivres de Kedabek (60) (gouvernements d'Yélizavetpole) avec des teneurs en cendres dépassant 50 p. 100; les gisements situés au sud du gouvernement d'Erivan donnant un charbon brun qui contient beaucoup de débris végétaux et se continuant, d'après M. Barbota de Marni, dans toute la vallée de l'Arraks et dans toute l'Arménie, au milieu d'une puissante formation tertiaire de marnes, grès et conglomérats bigarrés (65); ces formations se retrouvent dans la province de Kars.

La statistique de la production de la houille au Caucase indique les chiffres suivants pour l'année 1888 :

		Boghead, lignite, etc.
Gouvernement de Koutaïs.	Tkviboul.	6.483^{ton}
	Autres mines.	4
		Houille.
Kouban	Khoumarine et voisinage. .	1.975^{ton}
	Autres mines.	60

Ce qui donne une production totale de 8.522 tonnes de matières diverses qu'il est difficile de qualifier du nom général de houilles. Les analyses nombreuses que nous avons données ont fait ressortir en effet que ces charbons tous jurassiques ou tertiaires sont généralement assez maigres, très riches en matières volatiles et en cendres comme d'ailleurs la plupart des charbons postérieurs au trias.

En 1889, la production du Kouban s'est élevée à 2.780 tonnes et celle du gouvernement de Koutaïs s'est abaissée à 836 tonnes.

On voit que l'industrie de la houille est loin d'être prospère au Caucase et que son avenir n'y apparaît pas sous des couleurs favorables. La houille est trop impure et s'agglomère trop mal pour les usages métallurgiques, les seuls pour lesquels elle pourrait actuellement lutter contre les résidus des naphtes, dont les applications vont toujours en s'étendant.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
Introduction	491
Division administrative du Caucase	494
Fer	495
Manganèse	498
Cobalt	503
Antimoine	503
Plomb et argent	504
Zinc	508
Cuivre	510
Mercure	519
Or	520
Naphte	522
Houille	533

ÉTUDE

SUR LES

PERTES DE CHARGE DE L'AIR COMPRIMÉ ET DE LA VAPEUR DANS LES TUYAUX DE CONDUITE

Par M. LEDOUX, ingénieur en chef des mines, Professeur à l'École supérieure des mines.

I. AIR COMPRIMÉ.

On admet généralement que, dans un tuyau rectiligne et horizontal, la perte de charge est proportionnelle à la densité du gaz, à la longueur de la conduite, au carré de la vitesse, et en raison inverse du diamètre.

C'est ce qu'exprime la formule

$$z = K\delta \frac{Lu^2}{D}, \qquad (1)$$

dans laquelle K est une constante, L et D la longueur et le diamètre de la conduite, exprimés en mètres, δ le poids de 1 mètre cube du gaz en kilogrammes, u sa vitesse en mètres par seconde.

En opérant sur de l'air animé de faibles vitesses et à une pression peu différente de la pression atmosphérique, Navier a trouvé pour la valeur du coefficient K

0,00110,

et Daubuisson

0,00114.

Dans un travail publié, en 1880, dans la *Revue universelle des mines*, 2e série, t. VII, M. Stockalper crut pouvoir, par analogie avec les formules d'écoulement de l'eau dans les tuyaux, donner pour l'air la valeur

$$K = 0{,}001014 + \frac{0{,}00002588}{D}.$$

Les expériences qu'il fit au Saint-Gothard sur deux conduites, l'une de 20 centimètres de diamètre et de 4.600 mètres de longueur, l'autre de 15 centimètres de diamètre et de 522 mètres de longueur, ne paraissent pas avoir confirmé ces vues théoriques; car les pressions observées à l'extrémité des conduites différaient très sensiblement de celles qui résultaient de la formule (1) dans laquelle on donnait à K la valeur indiquée ci-dessus.

Les expériences d'Anzin, dont je rendrai compte plus bas, semblent indiquer que le coefficient K est indépendant du diamètre, et les formules établies sur l'hypothèse de la constance de ce coëfficient donnent des résultats qui concordent d'une manière remarquable avec les observations de M. Stockalper.

Plus récemment, M. le professeur Riedler a exécuté à Paris un grand nombre d'expériences sur le réseau des conduites d'air comprimé Popp. Il a admis la constance du coëfficient de perte de charge et lui attribue la valeur de 0,000533, soit moitié environ du chiffre de Navier.

Mais les conduites Popp présentent, sur leur parcours, un grand nombre de coudes et d'étranglements, dus à l'existence de vannes, de réservoirs et de branchements, et ajoutant leur effet à celui du frottement. Il y a surtout des fuites dont l'importance n'est pas connue, mais est certainement très considérable, et dont l'influence sur la perte de charge est loin d'être négligeable.

Le chiffre donné par M. Riedler ne saurait donc inspirer confiance, ou tout au moins soulève des doutes.

En présence de ces résultats contradictoires, j'ai fait faire à Anzin un certain nombre d'expériences ayant pour objet de vérifier l'exactitude de la formule (1) et de déterminer la valeur du coefficient K, aussi bien pour l'air comprimé que pour la vapeur d'eau, dans les conditions de la pratique courante des mines.

Reprenons la formule

$$z = \mathrm{K}\delta \frac{u^2 \mathrm{L}}{\mathrm{D}}.$$

Appelons : p_0, Q_0, T_0 la pression en atmosphères, le volume en mètres cubes et la température absolue de l'air, à l'origine de la conduite ; p, Q, T les mêmes éléments en un point situé à une distance x de l'origine.

Nous aurons

$$\delta = 1{,}293 p \frac{273}{\mathrm{T}} = \frac{353 p}{\mathrm{T}},$$

l'air étant supposé sec.

En réalité, l'air comprimé est presque toujours humide ; mais la différence qui en résulte pour la densité est très petite et peut être négligée dans les calculs qui suivent.

D'ailleurs

$$u = \frac{4\mathrm{Q}}{\pi \mathrm{D}^2},$$

$$\mathrm{Q} = \mathrm{Q}_0 \frac{p_0 \mathrm{T}}{p \mathrm{T}_0},$$

d'où

$$u = \frac{4 \mathrm{Q}_0 p_0 \mathrm{T}}{\pi \mathrm{D}^2 p \mathrm{T}_0}.$$

Pour une augmentation de longueur dx de la conduite, la perte de charge exprimée en kilogrammes par mètre carré est égale à 10334 dp et l'on a :

$$10334 dp = -\frac{16.353 \mathrm{K}}{\pi^2} \frac{\mathrm{Q}_0^2 p_0^2 \mathrm{T}}{\mathrm{D}^5 p \mathrm{T}_0^2} dx$$

ou

$$p dp = -\frac{0{,}0556 \mathrm{K} \mathrm{Q}_0^2 p_0^2 \mathrm{T}}{\mathrm{D}^5 \mathrm{T}_0^2} dx.$$

Si l'on intègre de p_0 à p et de 0 à L, et si l'on admet que T est constant (*), il vient :

$$p^2 = p_0^2 \left(1 - \frac{0{,}1112\, \mathrm{K}\, Q_0^2\, \mathrm{T}\, \mathrm{L}}{\mathrm{D}^5\, \mathrm{T}_0^2}\right) \qquad (2)$$

Il est facile de s'assurer que cette équation ne change pas si p et p_0 sont exprimés en kilogrammes absolus par centimètre carré.

C'est cette formule que les expériences d'Anzin avaient pour but de vérifier.

Elles ont été exécutées par M. l'ingénieur Barry avec un soin, une habileté et une persévérance auxquels je suis heureux de rendre hommage.

Ces expériences sont en effet beaucoup plus difficiles à mener à bonne fin qu'on ne le croirait au premier abord; il faut beaucoup de patience, des tâtonnements et des essais multipliés pour réussir à éliminer, dans la mesure du possible, les nombreuses causes d'erreur qui tendent à fausser les observations, et pour obtenir des résultats comparables.

Description des expériences. — On avait établi à l'extérieur de la fosse Lambrecht trois conduites horizontales, à peu près rectilignes, en fer étiré, neuves et ayant respectivement :

Diamètre intérieur. . . .	0m,100,	longueur. . . .	294m,20
—	0 ,071,	—	296 ,70
—	0 ,047,	—	295 ,20

(*) Les expériences de M. Stockalper au Gothard (*loc. cit.*) ont montré que, quelle que soit la vitesse de l'air dans la conduite, la température de celui-ci suit celle du milieu extérieur, avec un écart en dessous de 2° 1/2 à 3°.

Les variations de température du milieu étant en général peu importantes, on peut sans erreur sensible admettre que T est constant et égal à la moyenne des températures à l'origine et à la sortie.

Elles étaient en communication avec les réservoirs du compresseur par une conduite présentant plusieurs coudes et étranglements.

Aux deux extrémités de la partie rectiligne de la conduite servant aux expériences, on avait branché un tuyau fermé de $0^m,07$ de diamètre et $0^m,50$ de longueur, portant : 1° un ajutage pouvant recevoir un manomètre Bourdon de $0^m,35$ de diamètre, gradué au $\frac{1}{50}$ de kilogramme par centimètre carré ; 2° un petit tube en cuivre plongeant à l'intérieur du tuyau et dans lequel on plaçait un thermomètre à mercure.

L'extrémité libre de la conduite était fermée par un robinet-valve.

Sur les réservoirs à air comprimé, on avait installé un manomètre à mercure à colonne libre, mais à échelle de lecture réduite. Le manomètre a servi d'abord à mesurer les pressions dans les expériences de rendement du compresseur, puis à vérifier les manomètres Bourdon. On s'aperçut ainsi que ceux-ci ne donnaient pas des indications identiques à celles du manomètre à mercure.

Les expérimentateurs dressèrent alors, pour chaque série d'expériences, un tableau de corrections des indications du manomètre Bourdon.

Le compresseur qui fournissait l'air est du système Sommelier.

Dans une première série d'expériences, on a déterminé son rendement à différentes vitesses. On a constaté que, malgré les précautions prises pour se mettre à l'abri de l'influence des espaces nuisibles, on n'arrive pas à un rendement bien constant. Voici du reste les résultats obtenus :

NOMBRE de tours du compresseur par minute	1re SÉRIE d'expériences — Rendement	2e SÉRIE d'expériences — Rendement	3e SÉRIE d'expériences — Rendement	MOYENNE
	p. 100	p. 100	p. 100	
10	88,0	93,17	89,00	90,6
15	89,0	92,40	—	90,7
20	89,0	92,83	91,16	90,9
25	88,0	90,85	—	89,2
30	86,5	88,45	—	87,5

Ce sont les chiffres de rendement moyens qui ont servi aux calculs.

Voici la marche suivie dans chaque série d'expériences.

On remplissait les réservoirs d'air comprimé ; on ouvrait la communication sur la conduite d'expériences. Trois observateurs se plaçaient : le premier dans la chambre de la machine, le second à la station initiale de la conduite d'expériences, le troisième à l'extrémité.

On ouvrait progressivement le robinet-valve, en maintenant la machine à une vitesse aussi uniforme que possible, jusqu'à ce qu'on eût obtenu un régime d'écoulement régulier ; — on maintenait ce régime pendant un certain temps (3 à 6 minutes) ; aux deux extrémités de la conduite, les observateurs faisaient trois groupes de deux lectures simultanées, tandis que celui qui était placé dans la chambre de la machine notait : 1° la pression et la température de cette chambre (qui ne variaient du reste pas pendant le cours d'une expérience) ; 2° le nombre de tours de la machine ; 3° le temps employé. — Le plus souvent les trois lectures ont donné des résultats presque identiques.

Quand ceux-ci étaient différents, on prenait la moyenne des pressions lues. En outre, connaissant le volume du réservoir, on ajoutait ou on retranchait du volume d'air fourni par le compresseur et calculé d'après le nombre

de tours et le rendement la quantité d'air restée en excès dans le réservoir ou fournie par lui.

On s'assurait entre chaque expérience que les colonnes du compresseur étaient bien pleines d'eau.

Reprenant la formule

$$p^2 = p_0^2 - \frac{0,1112 \mathrm{K} Q_0^2 p_0^2 \mathrm{T} \mathrm{L}}{\mathrm{D}^5 \mathrm{T}_0^2}.$$

on en tire

$$\mathrm{K} = \frac{(p_0^2 - p^2)\mathrm{D}^5}{0,1112 \mathrm{L} \mathrm{T} \left(\frac{Q_0 p_0}{\mathrm{T}_0}\right)^2}. \qquad (3)$$

Or

$$\frac{\mathrm{P}_0 Q_0}{\mathrm{T}_0} = \mu \frac{n v p'}{60 \mathrm{T}'}$$

en appelant : μ, le rendement du compresseur ;

n, le nombre de tours par minute ;

v, le volume engendré par les pistons, par tour ;

p' et T', la pression barométrique et la température absolue dans la chambre de la machine.

Dans l'espèce

$$v = 0^{m^3},7634.$$

On avait ainsi tous les éléments nécessaires pour calculer K.

Le tableau suivant donne les résultats des 34 expériences exécutées les 28 et 29 février 1892 :

NUMÉROS d'ordre des expériences	NOMBRE de tours du compresseur	DURÉE de l'expérience	SALLE du compresseur: Pression barométrique	SALLE du compresseur: Température	STATION INITIALE: p_0	STATION INITIALE: T_0	STATION FINA[LE]: p
							1re série. — D =
	tours	m. sec.	kilogr.	degr.	kilogr.	degr.	kilogr.
28 février, 1	134 (30 par min. environ)	4 28	1,024	291	5,650	278	5,552
— 2	102 —	3 18	—	—	4,787	279	4,703
— 3	128 —	4 16	—	293	3,914	281	3,800
— 4	183 —	5 58	—	294	2,449	282	2,176
— 5	124 —	4 3	—	—	1,747	—	1,378
— 6	142 (25) —	5 36	—	—	1,727	—	1,456
— 7	124 —	4 58	—	294,5	2,777	—	2,666
— 8	130 (20) —	6 8	—	—	2,844	—	2,748
— 9	104 —	5 4	—	—	1,747	—	1,569
— 10	85 —	5 45	—	295	1,477	—	1,370
— 11	54 (10) —	5 5	—	294	1,402	—	1,370
							2e série. — D =
28 février, 13	22 (10 par min. environ)	2 »	1,024	294	2,968	279,5	2,252
— 14	59 —	5 52	—	294,5	3,917	279	3,214
— 15	52 —	3 6	—	295	4,787	—	4,159
— 16	37 —	3 41	—	—	5,761	—	5,303
29 février, 2	72 (15) —	4 51	1,023	294	5,581	278	4,043
— 3	86 —	5 30	—	293	4,859	280	2,213
— 4	65 —	4 10	—	292,5	5,957	—	4,505
— 5	89 —	5 56	—	291	3,922	—	1,273
— 6	100 (20) —	5 2	—	293	5,781	281	3,211
— 7	100 —	5 »	—	291,5	5,502	282	1,987
— 8	83 —	4 9	—	292	5,170	283	1,236
— 9	105 (25) —	4 14	—	291,5	5,812	284	1,190
— 10	63 (10) —	6 19	—	292	2,480	281	1,326
							3e série. — D = 0m,
29 février, 11	159 (30 par min. environ)	5 15	1,023	290	5,705	284	5,073
— 12	127 —	4 14	—	289,5	4,923	285	4,199
— 13	132 —	4 25	—	—	3,952	284	2,961
— 14	116 —	3 51	—	289,5	3,195	285	1,688
— 15	273 —	7 10	—	—	2,681	286	1,268
— 16	168 (43) —	6 45	—	—	2,404	285	1,228
— 17	97 —	3 54	—	—	3,289	—	2,459
— 18	80 —	3 15	—	290	4,036	284	2,497
— 19	90 —	3 40	—	—	5,116	—	4,705
— 20	129 —	5 10	—	290,5	5,966	—	5,479

PRESSION au réservoir — au début de l'expérience	PRESSION au réservoir — à la fin de l'expérience (pression relative)	VOLUME du réservoir	$p_0 - p$	VITESSE moyenne	K	VALEURS moyennes de K	OBSERVATIONS
(L = 294m,20).							
kilogr.	kilogr.	mèt. cub.		mètres			
constante		38,2607	0,098	7,490	0,00088		
—		—	0,084	9,125	0,00060	. . . . . .	Erreur probable d'observation; n'a pas été comptée dans le calcul de K.
—		—	0,114	17,825	0,00072		
—		—	0,273	18,673	0,00097		
—		—	0,369	27,675	0,00090		
—		—	0,271	23,053	0,00094		
1,900	1,974	—	0,111	12,741	0,00073	0,00087	Moyenne de neuf expériences.
constante		—	0,096	11,116	0,00081		
—		—	0,178	18,215	0,00094		
—		—	0,107	15,166	0,00095		
—		—	0,032	11,403	0,00053	. . . . . .	Erreur probable d'observation; n'a pas été comptée dans le calcul de K.
(L = 295m,20).							
1,967	2,000	38,2607	0,716	26,298	0,00057	. . . . . .	Erreur probable d'observation; n'a pas été comptée dans le calcul de K.
2,864	2,957	—	0,703	17,853	0,00092		
constante		—	0,628	15,364	0,00082		
—		—	0,458	12,039	0,00083		
—		—	1,538	20,558	0,00107		
3,917	3,843	—	2,646	35,068	0,00110		
constante		—	1,452	19,994	0,00097	0,00092	Moyenne de douze expériences.
—		—	2,649	51,240	0,00095		
—		—	2,570	31,850	0,00090		
4,506	4,445	—	3,515	47,282	0,00094		
4,233	4,171	—	3,934	70,056	0,00088		
constante		—	4,622	83,256	0,00082		
1,378	1,535	—	1,154	33,876	0,00089		
(L = 296m,70).							
constante		38,2607	0,632	15,906	0,00094		
4,053	4,000	—	0,724	19,155	0,00089		
3,137	3,060	—	0,991	25,647	0,00092		
constante		—	1,507	38,396	0,00103	0,00094	Moyenne de neuf expériences.
1,775	2,014	—	1,413	45,485	0,00092		
1,482	1,585	—	1,176	43,526	0,00088		
2,393	2,433	—	0,830	24,961	0,00099		
3,080	3,137	—	1,539	22,158	0,00221	. . . . . .	Erreur probable d'observation; n'a pas été comptée dans le calcul de K.
constante		—	0,411	14,444	0,00083		
—		—	0,487	12,568	0,00111		

Si l'on excepte les expériences n°s 2 et 11 de la première série, 13 de la deuxième, 18 de la troisième, soit 4 sur 34, lesquelles s'écartent trop des autres pour ne pas être entachées d'erreurs d'observation, les valeurs trouvées pour K et calculées d'après la formule (2) présentent une concordance remarquable, et cela malgré des écarts de vitesses considérables, celles-ci variant de 7 à 83 mètres par seconde.

Avec la conduite de 10 centimètres, la moyenne de 9 expériences donne

$$K = 0{,}00087,$$

avec un écart maximum de 0,00015 autour de ce chiffre.

Avec la conduite de $0^m{,}047$, la moyenne de 12 expériences sur 13 a donné $K = 0{,}00092$, avec un écart maximum de 0,00015.

Enfin sur la conduite de 0,071, la moyenne de 9 expériences sur 10 donne $K = 0{,}00094$, avec un écart maximum de 0,00017.

La moyenne de ces trois valeurs est 0,00091.

Expériences de Stockalper. — Il est intéressant de vérifier si cette valeur de K concorde avec celles que l'on peut déduire des expériences du Saint-Gothard.

Le tableau suivant résume les éléments de ces expériences et indique les valeurs de K calculées sur ces éléments par la formule (3). Le mémoire de M. Stockalper ne donne pas les températures à l'origine et à la sortie des conduites, mais seulement les températures moyennes.

J'ai donc admis dans les calculs $T_0 = T =$ température absolue moyenne.

NUMÉROS des expériences	DIAMÈTRE des conduites	LONGUEUR des conduites	VOLUME INITIAL ramené à 0° et à 760mm	VOLUME INITIAL ramené à la pression initiale et à la température moyenne	PRESSION initiale p_0	PRESSION finale p	PERTE de charge $p_0 - p$	TEMPÉRATURE moyenne $T_0 = T$	VITESSE MOYENNE de l'air dans la conduite	VALEURS DE K calculées par la formule (3)	OBSERVATIONS
	cent	mèt.	m. c.	m. c.	atm.	atm.	atm.		mèt.		
1	20	4.600	0,936	0,178	5,66	5,24	0,42	294	5,89	0,00083	
2	15	522	0,936	0,195	5,24	5,00	0,24	299,5	11,29	0,00091	
3	20	4.600	0,623	0,154	4,35	4,13	0,22	294	4,97	0,00063	(1)
4	15	522	0,623	0,165	4,13	4,06	0,07	299,5	9,37	0,00040	(1)
5	20	4.600	0,520	0,146	3,84	3,65	0,19	294	4,74	0,00090	
6	15	522	0,520	0,156	3,65	3,545	0,105	299,5	8,92	0,00083	

(1) Erreurs probables d'observation.

Les valeurs de K qui résultent des expériences nos 1, 2, 5 et 6, concordent d'une manière remarquable entre elles et avec celles que fournissent les expériences d'Anzin.

Elles donnent en effet :

Pour $D = 0,20$, $K = 0,00083$ et $0,00090$: moyenne, 0,000865.
Pour $D = 0,15$. $K = 0,00091$ et $0,00083$: moyenne, 0,000870.

Soit une moyenne générale de 0,00087.

Les expériences d'Anzin donnent 0,00091.

Si l'on tient compte des difficultés et des nombreuses causes d'erreur de ces expériences, on reconnaîtra que l'accord est aussi satisfaisant que possible, surtout si l'on considère que la conduite sur laquelle opérait M. Stockalper, n'ayant pas moins de 5.122 mètres de longueur, présentait très probablement des fuites dont l'effet devait diminuer la perte de charge.

Quant aux expériences nos 4 et 5, dont les résultats s'écartent notablement des autres, M. Stockalper reconnaît qu'elles ont dû donner lieu à des erreurs d'observation.

J'estime donc que l'on peut admettre avec confiance

le chiffre de 0,00091 fourni par les expériences d'Anzin.

Conclusion. — Les conclusions à tirer de la discussion qui précède sont les suivantes :

1° On peut regarder comme exacte, au moins dans les limites de vitesses des expériences ci-dessus, la loi représentée par l'expression

$$z = K\delta\frac{Lu^2}{D};$$

2° Le coefficient K est constant et égal à 0,00091, dans une conduite rectiligne et horizontale;

3° La formule qui donne la pression p à l'extrémité d'une conduite rectiligne et horizontale, dans laquelle entre un volume Q_0, à la pression p_0 et à la température T_0 est :

$$p^2 = p_0^2\left(1 - 0{,}0001012\,\frac{Q_0^2 TL}{T_0^2 D^5}\right); \qquad (4)$$

4° Si on se donne la pression et le volume initiaux, la perte de charge et la longueur de la conduite, on aura le diamètre correspondant par la formule :

$$D = \sqrt[5]{\frac{0{,}0001012\,Q_0^2 TL}{T_0^2\left(1 - \frac{p^2}{p_0^2}\right)}}$$

ou :

$$D = 0{,}1589\sqrt[5]{\frac{Q_0^2 TL}{T_0^2\left(1 - \frac{p^2}{p_0^2}\right)}}. \qquad (5)$$

Pour faciliter les calculs des équations (4) et (5), j'ai construit deux abaques (n° 1 et n° 2, Pl. XIV), qui permettent d'obtenir rapidement, avec une approximation très suffisante dans la pratique, l'un quelconque des éléments D, p_0, Q_0, p, L, quand on connaît les autres.

Supposant, ce qui est le cas ordinaire, $T_0 = 288$ et T (température moyenne de l'intérieur de la conduite) $= 293$, si on exprime Q_0 en mètres cubes par minute et

D en centimètres, la formule (5) devient, en posant :

$$D' = 100\,D$$
$$Q'_0 = 60\,Q_0,$$
$$D' = 0{,}9987\sqrt[5]{\frac{Q'^2_0 T L}{1-\frac{p^2}{p_0^2}}}. \qquad (5\,bis)$$

Posons :

$$\frac{L}{1-\frac{p^2}{p_0^2}} = C$$

et prenons les logarithmes :

$$\log D' = \log 0{,}9987 + \frac{2}{5}\log Q'_0 + \frac{1}{5}\log C.$$

Faisons :

$$\log D' = Y, \quad \frac{2}{5}\log Q'_0 = X,$$

on voit que, pour chaque valeur de C, la courbe représentée par l'équation

$$Y = \log 0{,}9987 + \frac{1}{5}\log C + X$$

sera une ligne droite inclinée à 45°.

Ces droites sont tracées sur l'abaque n° 2, pour un certain nombre de valeurs de C (*).

Pour le calcul de C en fonction de L et de $\frac{p}{p_0}$, on se servira de l'abaque n° 1.

On a :

$$\log C = \log L - \log\left(1-\frac{p^2}{p_0^2}\right).$$

Faisant

$$\log L = X, \quad \log\left(1-\frac{p^2}{p_0^2}\right) = Y,$$

il vient :

$$Y = X - \log C,$$

(*) L'inclinaison n'est pas de 45° sur la figure, parce que l'échelle adoptée pour les abscisses n'est pas la même que pour les ordonnées.

c'est-à-dire que cette équation représente une série de lignes droites dont la position dépend de la valeur de log C.

L'usage de ces abaques est aisé.

Je suppose que l'on cherche le diamètre à donner à une conduite de 1.000 mètres de longueur devant débiter à l'origine 10 mètres cubes d'air comprimé à 6 atmosphères, avec une perte de charge de $\frac{1}{2}$ atmosphère à l'extrémité.

$$p = 5{,}5 \quad p_0 = 6 \quad \frac{p}{p_0} = 0{,}917.$$

L'abaque n° 1 montre que le point d'intersection de l'ordonnée passant par l'abscisse 1000 et de l'abscisse correspondant à 0,917 se trouve en un point A compris entre les lignes obliques marquées 6000 et 7000, au tiers de la distance qui sépare ces deux lignes. On aura donc $C = 6333$.

En se reportant à l'abaque n° 2, prenant la ligne oblique marquée 6400, valeur qui diffère très peu de la précédente, on voit que cette ligne coupe l'ordonnée 10 au point F qui se trouve un peu au-dessus de la ligne horizontale correspondant au diamètre 14,5.

Si on fait directement le calcul par l'équation 5 *bis*, on trouve :

$$D = 14{,}41.$$

L'approximation est donc très satisfaisante.

Cas d'une conduite inclinée. — Les calculs qui précèdent supposent que la conduite est horizontale.

S'il existe une différence de niveau entre l'origine et la sortie, il y a augmentation ou diminution de pression par l'effet de la pesanteur, suivant que la conduite est descendante ou montante.

Appelons α l'angle que la conduite rectiligne fait avec l'horizon.

L'accroissement différentiel de la pression par suite de la pesanteur (accroissement positif ou négatif suivant que α est lui-même positif ou négatif) est, pour un accroissement dL de la longueur, égal au poids de l'élément dont la hauteur est $d\text{L} \sin \alpha$. On a donc :

$$10334 dp = \delta d\text{L} \sin \alpha,$$

δ étant la densité de l'air au point considéré.

Et comme $\delta = \frac{353 p}{\text{T}}$, l'équation différentielle devient, toutes réductions faites :

$$dp = \frac{0{,}0341 p \sin \alpha}{\text{T}} d\text{L}.$$

Si l'air n'est pas en mouvement, la pression à l'extrémité de la conduite sera donnée, en intégrant de p_0 à p et de zéro à L, par l'équation :

$$\text{log nép} \frac{p}{p_0} = \frac{0{,}0341 \text{L} \sin \alpha}{\text{T}} \quad \text{ou} \quad p = p_0 e^{\frac{0{,}0341 \text{L} \sin \alpha}{\text{T}}} \qquad (6)$$

α étant pris positivement si la conduite est descendante, et négativement si elle est montante.

Si l'air se meut dans la conduite, l'équation différentielle devient, si l'on ajoute la perte de charge due au frottement :

$$dp = \frac{0{,}0341 p \sin \alpha}{\text{T}} d\text{L} - \frac{0{,}0000506 \text{Q}_0^2 p_0^2 \text{T}}{\text{D}^5 p \text{T}_0^2} d\text{L}.$$

ou :

$$d\text{L} = \frac{p dp}{\frac{0{,}0341 \sin \alpha}{\text{T}} p^2 - \frac{0{,}0000506 \text{Q}_0^2 p_0^2 \text{T}}{\text{D}^5 \text{T}_0^2}}.$$

Intégrant de zéro à L et de p_0 à p, on trouve :

$$\frac{0{,}0682 \sin\alpha \mathrm{L}}{\mathrm{T}} = \log \text{nép} \frac{p^2 - \dfrac{0{,}001484 \mathrm{Q}_0^2 p_0^2 \mathrm{T}^2}{\sin\alpha \mathrm{D}^5 \mathrm{T}_0^2}}{p_0^2 - \dfrac{0{,}001484 \mathrm{Q}_0^2 p_0^2 \mathrm{T}^2}{\sin\alpha \mathrm{D}^5 \mathrm{T}_0^2}}. \quad (7)$$

ou :

$$p^2 = \frac{0{,}001484 \mathrm{Q}_0^2 p_0^2 \mathrm{T}^2}{\sin\alpha \mathrm{D}^5 \mathrm{T}_0^2}\left[1 + \left(\frac{\sin\alpha \mathrm{D}^5 \mathrm{T}_0^2}{0{,}001484 \mathrm{Q}_0^2 \mathrm{T}^2} - 1\right) e^{\frac{0{,}0682 \sin\alpha \mathrm{L}}{\mathrm{T}}}\right]. \quad (7\ bis)$$

En développant en série le terme $e^{\frac{0{,}0682 \sin\alpha \mathrm{L}}{\mathrm{T}}}$ et faisant $\sin\alpha = 0$, on retombe sur l'équation (4), établie pour le cas où la conduite est horizontale.

L'examen de l'équation (7) conduit à une conséquence intéressante.

Si on fait

$$\sin\alpha \mathrm{D}^5 \mathrm{T}_0^2 = 0{,}001484 \mathrm{Q}_0^2 \mathrm{T}^2$$

ou :

$$\mathrm{D} = 0{,}2718 \sqrt[5]{\frac{\mathrm{Q}_0^2 \mathrm{T}^2}{\sin\alpha \mathrm{T}_0^2}}, \quad (8)$$

on voit que $p = p_0$, c'est-à-dire que l'accroissement de pression dû à la pesanteur compense la perte de charge due au frottement, quand D satisfait à l'équation (8), quelles que soient d'ailleurs la valeur de la pression initiale et la longueur de la conduite.

Dans une conduite verticale, il n'y aura donc aucune perte de charge, quand le diamètre satisfera à la relation

$$\mathrm{D} = 0{,}2718 \sqrt[5]{\frac{\mathrm{Q}_0^2 \mathrm{T}^2}{\mathrm{T}_0^2}}.$$

S'il s'agit d'un puits d'entrée d'air, on peut sans erreur sensible admettre que $\mathrm{T} = \mathrm{T}_0$.

Dans ce cas, la relation (8) devient :

$$\mathrm{D} = 0{,}2718 \sqrt[5]{\mathrm{Q}_0^2}. \quad (8\ bis)$$

C'est cette valeur de D qu'on peut adopter dans la pratique pour les conduites établies dans les puits d'entrée d'air.

Si on veut exprimer D en centimètres et Q_0 en mètres cubes par minute, on posera :

$$100\ D' = D,$$
$$60\ Q_0 = Q'_0;$$

l'équation précédente devient alors :

$$D' = 5,284 \sqrt[5]{Q'^2_0}. \qquad (8\ ter)$$

La ligne pointillée GH de l'abaque n° 2 (Pl. XIV) donne les valeurs de D' tirées de l'équation (8 *ter*), pour les valeurs de Q_0 comprises entre $16^{\text{lit}},7$ et 250 litres par seconde, soit 1 à 15 mètres cubes par minute.

Le tableau suivant les donne pour les débits les plus usuels de 1, 2, 3, 4 et 5 mètres cubes par minute :

DÉBITS		DIAMÈTRES de la conduite en centimètres
en litres par seconde	en mètres cubes par minute	
16,7	1	5,28
33,3	2	6,97
50,0	3	8,20
66,7	4	9,20
83,3	5	10,06

Remarque. — Si D' satisfait à la relation (8 *ter*), il n'y aura pas de perte de charge, c'est-à-dire que la pression *absolue* de l'air comprimé sera la même au bas du puits qu'à l'orifice. Mais la pression *effective* ne sera pas la même, puisque l'atmosphère extérieure sera en bas à une pression supérieure à la pression à l'orifice, d'une quantité qui n'est nullement négligeable. La pression atmosphérique en haut étant 1, la pression en bas sera

$$e^{\frac{0,0341\ L}{T}}.$$

Pour que la pression effective reste constante, il faut donner à D′ un diamètre tel que la pression p à l'intérieur de la conduite en bas soit égale à $p_0 + e^{\frac{0,0341 L}{T}}$. En remplaçant p par cette valeur dans l'équation (7), on aura la valeur de D′ cherchée.

Soit par exemple un puits de 500 mètres de profondeur, dans lequel la température moyenne soit de 15°. La pression en bas sera, exprimée en atmosphères :

$$e^{\frac{0,0341 . 500}{288}} \quad \text{ou} \quad 1^{at},061.$$

ou, en kilogrammes par mètre carré, 10334 × 1,061 ou 10.965 kilogrammes, soit une augmentation de pression de 631 kilogrammes.

Si la pression initiale est de 6 atmosphères, les valeurs de D′, pour lesquelles la pression *effective* sera la même en bas qu'en haut, seront les suivantes :

Pour $Q_0 =$	$16^{lit},7$	$33^{lit},3$	50^{lit}	$66^{lit},7$	$83^{lit},3$
— $D' =$	$5^{c},5$	$7^{c},2$	$8^{c},5$	$9^{c},5$	$10^{c},4$

soit 2 à 4 millimètres de plus qu'au tableau de la page précédente.

Fuites. — Nous avons jusqu'ici admis que la conduite était étanche.

Si elle présente des fuites, leur effet sera nécessairement de diminuer la perte de charge, puisque le volume de gaz qui passe en un point quelconque est diminué du volume qui s'est échappé sur le parcours antérieur.

On peut calculer dans ce cas la perte de charge de la manière suivante :

Soit β la perte en poids de gaz par seconde et par mètre courant de tuyau.

En fait β varie avec p; mais pour ne pas compliquer outre mesure les calculs, nous le supposerons constant.

Appelons m_0 le poids initial de l'air entrant dans la conduite, m le poids en un point situé à une distance x de l'origine, on aura :

$$m = m_0 - \beta x.$$

Si Q_0, Q sont les volumes, p_0 et p les pressions, T_0 et T les températures absolues aux mêmes points, on aura :

$$Q_0 = \frac{10334}{1{,}293.273} \frac{m_0 T_0}{p_0} = 29{,}272 \frac{m_0 T_0}{p_0}$$

et

$$Q = 29{,}272 \frac{mT}{p} = \frac{29{,}272 (m_0 - \beta x) T}{p}.$$

La densité $\delta = \dfrac{353p}{T}$ et la vitesse du fluide au point considéré est

$$u = \frac{4.29{,}272 (m_0 - \beta x) T}{\pi D^2 p}.$$

L'équation différentielle de la perte de charge est :

$$10334\, dp = -\frac{K \delta u^2 dx}{D} = -\frac{16 K}{\pi^2 D^5} \frac{353.\overline{29{,}272}^2 (m_0 - \beta x)^2 T dx}{p}$$

ou

$$pdp = -\frac{47{,}471 KT}{D^5} (m_0 - \beta x)^2 dx$$

ou enfin

$$p_0^2 - p^2 = \frac{94{,}942 KT}{D^5} \left(m_0^2 - \beta m_0 L + \frac{\beta^2 L^2}{3} \right) L.$$

En faisant $\beta = 0$

$$m_0 = \frac{Q_0 p_0}{29{,}272 T_0},$$

on retombe sur l'équation (2).

Faisant $K = 0{,}00091$, on trouve finalement :

$$p_0^2 - p^2 = \frac{0{,}0864 T}{D^5} \left(m_0^2 - \beta m_0 L + \frac{\beta^2 L^2}{3} \right) L. \qquad (9)$$

La quantité β ne peut, naturellement, être déterminée que par l'expérience, et cette détermination n'offre aucune difficulté sur une conduite ou un réseau de con-

duites déterminé : il suffit en effet de remplir la conduite d'air comprimé en fermant tous les orifices et de mesurer en combien de temps la pression baisse de 1 atmosphère, par exemple. Connaissant le volume de la conduite, on en déduira la perte de poids qui se produit par seconde et par mètre courant par les fuites.

Perte d'énergie. — L'air comprimé est toujours employé comme force motrice. Il est donc nécessaire de se rendre compte de la perte d'énergie résultant de la perte de charge due au frottement.

Pratiquement, cette perte d'énergie se traduit par une diminution du travail disponible à l'extrémité de la conduite, et celui-ci dépend de la nature du moteur.

Si le moteur est à pleine pression, comme les perforatrices et beaucoup de petits moteurs actionnant des treuils ou des ventilateurs, le travail indiqué disponible est, à l'extrémité d'une conduite horizontale, $10334\,(p-1)\,Q$. A l'origine de la conduite, le travail disponible était $10334\,(p_0-1)\,Q_0$; la perte proportionnelle de travail due au frottement est :

$$\frac{p_0Q_0 - pQ + Q - Q_0}{(p_0-1)\,Q_0}.$$

En général, T diffère peu de T_0, par suite p_0Q_0 diffère peu de pQ. Si on fait $p_0Q_0 = pQ$, l'expression précédente devient $\frac{Q - Q_0}{(p_0-1)\,Q_0}$ et comme $\frac{Q}{Q_0} = \frac{p_0}{p}$, on trouve finalement pour la perte proportionnelle de travail $\frac{p_0 - p}{p\,(p_0-1)}$.

Elle est proportionnelle à la perte de charge et, pour une même perte de charge, elle diminue à mesure que p_0 augmente.

Supposons maintenant que le moteur soit à détente et que le volume final soit égal à n fois le volume d'air comprimé introduit, c'est-à-dire que le degré de détente

soit n. On sait que, s'il n'y a pas réchauffement de l'air à l'intérieur du cylindre, c'est-à-dire si la détente a lieu sans addition ni soustraction de chaleur, la pression et le volume sont liés par la relation $pQ^{1,41} = \text{const}$.

Le travail disponible d'un volume Q d'air comprimé, à la pression p, se détendant de n fois le volume Q, est :

$$\mathfrak{T} = \frac{10334\,p\,Q}{0,41}\left[1,41 - \left(\frac{1}{n}\right)^{0,41}\right] - 10334\,n\,Q$$

ou

$$\mathfrak{T} = pQ\left[35539 - 25205\left(\frac{1}{n}\right)^{0,41}\right] - 10334\,nQ.$$

La perte proportionnelle de travail sera :

$$\frac{(p_0Q_0 - pQ)\left[35539 - 25205\left(\frac{1}{n}\right)^{0,41}\right] + 10334\,n(Q - Q_0)}{p_0Q_0\left[35339 - 25205\left(\frac{1}{n}\right)^{0,41}\right] - 10334\,nQ_0}.$$

Si T est égal à T_0, $p_0Q_0 = pQ$ et la perte proportionnelle devient :

$$\frac{n(Q - Q_0)}{p_0Q_0\left[3,439 - 2,439\left(\frac{1}{n}\right)^{0,41}\right] - nQ_0}$$

ou

$$\frac{n(p_0 - p)}{p_0p\left(3,439 - 2,439\,\frac{1}{n^{0,41}}\right) - np}.$$

Elle est encore proportionnelle à la perte de charge et diminue à mesure que la pression initiale augmente.

Supposons enfin que le moteur soit disposé de telle sorte que la pression à la fin de la détente soit égale à la pression atmosphérique. Le degré de détente

$$n = p^{\frac{1}{1,41}} = p^{0,709}$$

et le travail disponible est

$$\mathfrak{T} = Q(35539p - 14871\,p^{0,709}).$$

La perte proportionnelle est, en admettant que $p_0 Q_0 = pQ$,

$$\frac{\mathfrak{T}_0 - \mathfrak{T}}{\mathfrak{T}_0} = \frac{p_0^{0,291} - p^{0,291}}{\left(2,39 - p_0^{0,291}\right) p_0^{0,291}\, p^{0,291}}.$$

En pratique, on n'obtient les grandes détentes de l'air comprimé qu'en le réchauffant soit au préalable, avant l'introduction, soit pendant la détente par une injection d'eau. L'étude de la perte de travail dans ces divers cas entraînerait des développements qui ne seraient pas à leur place dans ce mémoire.

II. PERTE DE CHARGE DE LA VAPEUR.

La perte de charge de la vapeur dans les conduites est beaucoup plus difficile à déterminer que celle de l'air comprimé, parce qu'on se trouve en présence d'un élément nouveau, dont il est indispensable de tenir compte, c'est la condensation produite par le refroidissement extérieur.

Dans le cas qui nous occupe, la perte d'énergie provient de deux causes distinctes et concomitantes :

1° Le refroidissement dû à la conductibilité des conduites ;

2° La perte de charge due au frottement du fluide sur les parois intérieures.

La première cause se traduit par une diminution de volume du fluide; la seconde, par une diminution de pression.

D'après M. Chrétien (*), qui a fait sur cette question

(*) *Le transport de la vapeur à de grandes distances et sa constitution*, par J. Chrétien, ingénieur civil. Baudry, éditeur. 1885.

de nombreuses expériences, le refroidissement de la vapeur dans les conduites dépend de sa température, de la température ambiante, du métal des tuyaux et de la nature des milieux dans lesquels ils sont placés. Il dépend également de l'efficacité calorifuge de l'enveloppe et de la manière dont sont installés les tuyaux.

Ainsi un tuyau de vapeur placé dans l'eau donne plus de condensation, à température égale, que s'il est placé dans l'air. L'air sec refroidit moins que l'air humide, l'air calme moins que l'air agité, etc. A surfaces extérieures égales, les petits diamètres produisent plus de condensation que les grands, et les tuyaux horizontaux plus que ceux qui sont verticaux.

Quand on envoie de la vapeur dans un tuyau froid, la condensation, très abondante au début, diminue graduellement jusqu'à ce que la conduite tout entière ait pris sa température normale. La condensation devient alors à peu près régulière; la température normale n'est atteinte qu'après un temps qui dépend des tuyaux eux-mêmes et de leur enveloppe : le métal est assez rapidement échauffé par suite de sa grande conductibilité; les enveloppes, au contraire, s'échauffent plus lentement et prennent pour cela d'autant plus de temps qu'elles sont plus efficaces.

Les expériences de M. Chrétien montrent que les tuyaux acquièrent leur température normale au bout de 5 à 10 minutes, selon la température de l'air extérieur, tandis que les tuyaux bien enveloppés ne l'atteignent qu'après une durée d'environ 85 minutes.

La pression ou la température de la vapeur exercent aussi une influence sensible sur la condensation. Voici les chiffres fournis par M. Chrétien pour une conduite à peu près horizontale en fer de 66 millimètres de diamètre intérieur, 6 millimètres d'épaisseur et $26^{m},34$ de longueur.

Vapeur condensée par heure et par mètre carré de surface extérieure :

PRESSIONS		TUYAUX NUS	TUYAUX bien enveloppés
effectives en kilog. par centim. carré	absolues en atmosphères		
		k.	k.
1	1,968	2,72	0,387
2	2,935	3,11	0,455
3	3,903	3,43	0,501
4	4,870	3,66	0,536
5	5,838	3,89	0,570
6	6,806	4,10	0,600
7	7,773	4,30	0,627
8	8,741	4,43	0,653
9	9,710	4,63	0,676
10	10,677	4,77	0,697
11	11,645	4,91	0,716
12	12,612	5,05	0,735
13	13,580	5,12	0,754
14	14,547	5,23	0,773
15	15,515	5,40	0,790
16	16,482	5,51	0,806
17	17,450	5,62	0,823
18	18,417	5,78	0,839
19	19,385	5,83	0,854
20	20,353	5,88	0,869

Si on veut rapporter la condensation au mètre carré de surface *intérieure* de tuyaux, ce qui est plus rationnel, on devra multiplier les chiffres ci-dessus par le rapport $\frac{0,78}{0,66}$ ou 1,18.

En faisant cette correction, on trouve, au moyen des chiffres de ce tableau, que la condensation par heure et par mètre carré de surface *intérieure* dans les tuyaux bien enveloppés est assez bien représentée par la formule $\gamma = 0,375\sqrt[3]{p}$, où p est exprimé en atmosphères.

La condensation augmente donc avec la pression. D'un autre côté, le diamètre du tuyau nécessaire pour débiter un poids donné de vapeur diminue à mesure que la pression augmente.

Il est facile de vérifier que dans les limites de pression où l'on se tient ordinairement, il y a en somme avantage,

au point de vue de la quantité de vapeur condensée, à employer les hautes pressions, qui permettent de diminuer le diamètre de la conduite.

M. le professeur Gutermuth a fait au puits Josepha de la mine Gehrard (bassin de Sarrebrück) des expériences très soignées sur la condensation et la perte de charge de la vapeur dans les tuyaux de conduite (*). Elles ont porté sur deux conduites enveloppées placées côte à côte dans le puits et fournissant alternativement de la vapeur à plusieurs pompes établies à 239 mètres de profondeur. L'une de ces conduites en fonte avait, sur la partie expérimentée, 323 mètres de longueur et 140 millimètres de diamètre intérieur. L'autre, en fer, avait 330 mètres de longueur et 75 millimètres de diamètre intérieur.

Voici les résultats donnés par l'auteur sur de la vapeur en repos.

PRESSION de la vapeur (atmosphères)	CONDENSATION PAR HEURE et par mètre carré de surface intérieure de la conduite	
	Tuyaux en fonte de $0^m,140$	Tuyaux en fer de $0^m,075$
3	1,03	1,10
4	1,09	1,21
5	1,21	1,29
6	1,33	1,35

Ces chiffres sont à peu près doubles de ceux que donne M. Chrétien. La différence provient de la manière dont les enveloppes étaient établies et des conditions de l'emplacement des conduites expérimentées.

Dans les expériences d'Anzin, dont je parlerai ci-après, on a trouvé un chiffre intermédiaire, $0^k,800$.

(*) Ueber die zweckmässigste Dampfgeschwindigkeit in Dampfleitungsröhren, von M. F. Gutermuth, *Zeitschrift des Vereines der deutschen Ingenieure*, n° 32, août 1887.

M. Chrétien a établi par un grand nombre d'expériences, avec des épaisseurs différentes et sous des pressions variant de 1 à 12 atmosphères, la valeur de divers calorifuges employés dans l'industrie.

Considérée au point de vue de la non-conductibilité de la chaleur, qui est la principale qualité à rechercher, les diverses matières se classent comme suit :

En première ligne, les tresses et bourrelets faits avec des déchets de soie.

Viennent ensuite, presque avec les mêmes qualités, les déchets d'éponges, puis le feutre de poils légers. Le papier-goudron ou d'emballage, les tresses de paille, de varech et de jonc, diffèrent également très peu des matières précédentes. La ouate minérale ou laine de scories, le liège et le coke pulvérisé figurent dans la bonne moyenne des calorifuges. Le bois et l'amiante sont moins bons; enfin il faut placer en dernière ligne, sous ce rapport, et avec des qualités variables, les divers enduits, mastics ou ciments, dits calorifuges, qui présentent entre eux des différences assez notables.

M. Chrétien recommande l'enveloppe suivante comme l'une des plus économiques et des plus efficaces :

On commence par coller sur le tuyau nu trois ou quatre tours de fort papier-goudron, qui donnent une épaisseur de 1 à 2 millimètres, ou bien une couche de pâte à papier. Cette première enveloppe, si elle est bien collée, est à peu près incombustible et d'une durée illimitée; elle a surtout pour but de préserver les autres couches enveloppantes de la carbonisation qui se produirait rapidement sans cela. Sur cette première enveloppe, on enroule un premier rang de tresses de jonc, puis un second, puis un troisième. On a ainsi une enveloppe de 40 millimètres d'épaisseur. Pour mieux emprisonner l'air renfermé dans la masse de l'enveloppe, on le revêt d'une gaine que l'on forme en collant par-dessus la tresse trois à quatre tours

de papier-goudron. Cette gaine en séchant devient très résistante.

Quand les tuyaux ainsi enveloppés sont exposés à l'humidité, il est bon de donner à la gaine une couche de peinture ou de goudron pour la protéger. S'ils sont exposés à la pluie, il faut en outre les entourer d'un tuyau en zinc ou en tôle galvanisée, pour les abriter complètement.

On peut se demander si la condensation est la même quand la vapeur est à l'état statique dans les tuyaux et quand elle y circule avec une vitesse plus ou moins grande. La question reste douteuse. Il semble néanmoins résulter des expériences de M. Gutermuth et de celles d'Anzin que la condensation est sensiblement la même dans les deux cas.

Cherchons maintenant à calculer la perte de charge due à l'écoulement de la vapeur dans un tuyau de diamètre intérieur D et de longueur L.

Appelons m_0 le poids de vapeur, supposée sèche, envoyé par seconde à l'origine de la conduite.

Le poids de vapeur m qui circulera en un point quelconque situé à une distance l de l'origine sera :

$$m = m_0 - \gamma \frac{\pi D l}{3600} = m_0 - 0{,}000872 \gamma D l, \qquad (10)$$

γ étant le poids de la vapeur condensée par heure et par mètre carré de surface intérieure de la conduite.

A l'extrémité de la conduite, le poids de vapeur disponible sera :

$$m_0 - 0{,}000872 \gamma D L.$$

Soient p_0 la pression absolue initiale de la vapeur, p la pression absolue en un point de la conduite, situé à une distance l de l'orifice ; p et p_0 sont exprimés en atmosphères.

Admettons que la perte de charge soit, comme dans le

cas de l'air comprimé, proportionnelle à la densité δ du fluide en mouvement, au carré de la vitesse, à la longueur parcourue et en raison inverse du diamètre.

Le fluide en mouvement est un mélange de vapeur et d'eau, celle-ci provenant de la condensation qui s'est produite depuis l'origine sur la longueur l. Le poids de ce fluide est m_0; son volume est sensiblement égal à celui de la vapeur, le volume de l'eau mélangée étant négligeable par rapport à celui de la vapeur.

On sait que la densité de la vapeur est égale à

$$0{,}606\,p^{0,94}$$

quand p est exprimée en atmosphères, et à $0{,}588\,p^{0,94}$, quand p est exprimée en kilogrammes par centimètre carré.

Le volume du poids m de vapeur est donc

$$v = \frac{m}{0{,}606\,p^{0,94}} = \frac{m_0 - 0{,}000872\,\gamma D l}{0{,}606\,p^{0,94}}.$$

La densité δ du mélange m_0 de vapeur et d'eau est :

$$\delta = \frac{m_0 . 0{,}606\,p^{0,94}}{m} = \frac{m_0 . 0{,}606\,p^{0,94}}{m_0 - 0{,}000872\,\gamma D l}.$$

La vitesse du fluide $= \dfrac{4v}{\varpi D^2} = \dfrac{4(m_0 - 0{,}000872\,\gamma D l)}{\varpi D^2 . 0{,}606\,p^{0,94}}$.

Pour un accroissement infiniment petit dl de la longueur de la conduite, la perte de charge sera

$$10334\,dp = -K\frac{m_0 0{,}606\,p^{0,94}}{m_0 - 0{,}000872\,\gamma D l}\,\frac{16(m_0 - 0{,}000872\,\gamma d l)^2}{\pi^2 D^5 . \overline{0{,}606}^2\,p^{2.0,94}}$$

ou

$$10334\,dp = -\frac{16\,K m_0 (m_0 - 0{,}000872\,\gamma D l)}{\pi^2 D^5 . 0{,}606\,p^{0,94}}\,dl$$

ou

$$p^{0,94}\,dp = -\frac{0{,}0002589\,K m_0 (m_0 - 0{,}000872\,\gamma D l)}{D^5}\,dl.$$

γ, en réalité, est fonction de p.

Mais, pour ne pas compliquer outre mesure les calculs, nous supposons γ constant et égal à la moyenne des valeurs qui correspondent à p_0 et à p. Intégrant de p_0 à p et de zéro à L, on trouve finalement

$$p^{1,94} = p_0^{1,94} - \frac{0,000502\,K m_0 L}{D^5}(m_0 - 0,000436\gamma D L) \quad (11)$$

équation qui donne la pression p en un point de la conduite situé à une distance L de l'origine.

Si p et p_0 étaient exprimés en kilogrammes par centimètre carré, l'équation (11) deviendrait :

$$p^{1,94} = p_0^{1,94} - \frac{0,000535\,K m_0 L}{D^5}(m_0 - 0,000436\gamma D L). \quad (11\ bis)$$

Expériences d'Anzin. — Les expériences exécutées à Anzin avaient pour objet de vérifier l'exactitude de la formule (11) et de déterminer la valeur du coefficient de perte de charge K.

Elles ont été faites par M. Barry sur les mêmes conduites qui avaient servi pour l'air comprimé, à la fosse Lambrecht.

On a employé, pour produire le courant de vapeur, un des générateurs de la fosse, préalablement isolé du groupe des chaudières. Ce générateur est à deux bouilleurs extérieurs et un réchauffeur. La surface de chauffe est de 100 mètres carrés; la surface de grille est de $4^{m^2},12$. La prise de vapeur est placée à 2 mètres au-dessus du niveau de l'eau.

La mesure de la quantité d'eau vaporisée en un temps donné a été faite au moyen du tube de niveau. On a rempli la chaudière à froid jusqu'à un index marqué sur le tube, on ajoutait de l'eau et, tous les 50 litres, on marquait un repère sur une bande de papier collée sur le tube.

On pouvait ainsi lire le volume à 10 litres près. Ce

volume était d'ailleurs corrigé de la dilatation de l'eau et de celle de l'enveloppe en tôle.

On a expérimenté sur trois conduites en fer étiré, ayant respectivement 100, 71, 47 millimètres de diamètre intérieur. Ces conduites étaient munies d'une enveloppe calorifuge, composée d'une double enveloppe de tresses de paille, recouverte extérieurement par du papier goudronné.

La conduite en expérience était réunie à la chaudière par 60 mètres environ de tuyaux de 100 millimètres non enveloppés et ayant une pente générale vers la chaudière.

Les conduites d'expérience, dont les longueurs étaient

Pour les tuyaux de	100mm	.....	de 305m,80
—	71	.....	de 304 ,90
—	47	.....	de 303 ,60

avaient une pente générale vers l'extrémité libre.

Un séparateur d'eau était installé à l'origine de la conduite en expérience et un autre à l'autre extrémité. Celle-ci était fermée par un robinet-valve.

Aux deux extrémités de la conduite, à 4 ou 5 mètres des séparateurs, se trouvaient deux tubulures à robinet pouvant recevoir les manomètres. Deux autres tubulures semblables intermédiaires partageaient la distance en trois sections à peu près égales.

La chaudière étant en feu et à une pression un peu supérieure à celle qu'on voulait avoir à l'origine, on fermait la valve de l'extrémité et les deux robinets de purge des séparateurs. On notait le niveau de l'eau dans la chaudière, on ouvrait la valve de sortie, de manière à créer rapidement un régime d'écoulement. En même temps on ouvrait les robinets de purge des séparateurs et l'eau qui en provenait pendant toute la durée de l'essai était recueillie dans des récipients tarés.

Le chauffeur conduisant le feu de manière à maintenir

la pression bien constante à la chaudière, on s'assurait en consultant les manomètres placés aux extrémités de la conduite que le régime se maintenait et on notait simultanément à intervalles fixes les pressions données par les deux manomètres.

On s'arrangeait de façon à faire quatre observations pendant le tiers de la durée de l'essai.

On transportait ensuite le manomètre de l'extrémité à la tubulure placée à 200 mètres de l'origine et on recommençait une série de quatre observations pendant le même laps de temps que pour la première série. Enfin le manomètre étant déplacé de nouveau et installé à 100 mètres de l'origine, quatre nouvelles observations étaient encore faites. On se transportait alors rapidement à l'extrémité de la conduite et, à un signal convenu, on fermait simultanément la valve de l'extrémité et les deux robinets de purge. Il ne restait plus qu'à noter le volume d'eau vaporisée, la durée de l'expérience, les poids d'eau recueillie dans chacun des récipients, pour avoir tous les éléments du calcul de K, dans la formule

$$K = \frac{(p_0^{1,94} - p^{1,94}) D^5}{0,000535 L m_0 (m_0 - 0,000436 \gamma D L)}. \qquad (12)$$

Les valeurs de p et de p_0 sont indiqués dans les tableaux, toutes corrections faites. Chacune des valeurs a été obtenue en faisant la moyenne de quatre observations. Généralement ces quatre chiffres étaient très voisins ; exceptionnellement les écarts maxima de pression ont atteint 200 grammes.

Les poids d'eau vaporisée sont également indiqués, toutes corrections faites.

On a aussi déterminé l'eau condensée par heure et par mètre carré de surface intérieure des tuyaux à l'état statique.

Cinq expériences ont été faites sur la conduite de

100 millimètres, les deux premières à la pression de 3 kilogrammes, les trois dernières à 6 kilogrammes.

L'eau condensée par heure et pour une surface de $97^{m^2},64$ a été

$64^{kg},3$
64 ,9
79 ,5
99 ,5
83 ,0

Moyenne. . . . . $77^{kg},44$ ou $0^{kg},795$ par heure et par m. car.

Sur la conduite de 71 millimètres, il a été fait trois expériences, les deux premières à 3 kilogrammes, la dernière à 6 kilogrammes.

Les résultats sont :

Eau condensée par heure, pour une surface de $69^{m^2},25$:

$56^{kg},7$
58 ,7
52 ,7

Moyenne. . . . . $56^{kg},03$, soit $0^{kg},809$ par heure et par m. car.

Enfin il a été fait cinq essais sur la conduite de 47 millimètres, les deux premiers à 3 kilogrammes, les trois autres à 6 kilogrammes. On a trouvé :

Eau condensée par heure, pour une surface de $45^{m^2},66$:

$68^{kg},10$
70 ,10
80 ,10
93 ,10
93 ,10

Moyenne. . . . . $80^{kg},9$, soit $1^{kg},80$ par heure et par m. car.

Les résultats obtenus pour les conduites de 100 et pour celle de 71 sont assez concordants et il semble qu'on puisse accepter avec confiance pour la valeur de γ le chiffre de $0^{kg},800$.

Il n'en est pas de même de ceux qu'a fournis la conduite de 47 millimètres et qui donnent une moyenne de

condensation par heure et par mètre carré plus que double du chiffre ci-dessus.

D'un autre côté, si l'on examine les quantités d'eau recueillies dans le deuxième séparateur pendant les expériences de perte de charge et provenant de la condensation de la vapeur en mouvement, on trouve qu'elles varient beaucoup d'une expérience à l'autre, mais leur moyenne donne des résultats comparables entre eux et aux précédents.

Voici les chiffres ramenés à la durée d'une heure.

Conduite de 100^{mm}.

$65^{kg},5$	$64^{kg},7$
115 ,9	48 ,2
67 ,8	45 ,3
84 ,6	15 ,7
102 ,1	35 ,6
39 ,8	60 ,2

Moyenne... $62^{kg},10$ d'où $\gamma = \frac{64,6}{97,64} = 0^{kg},679.$

Conduite de 71^{mm}.

$62^{kg},0$	$52^{kg},0$
43 ,5	50 ,8
67 ,5	57 ,2
34 ,4	61 ,7
76 ,5	43 ,4
87 ,2	46 ,3

Moyenne... $56^{kg},8$ d'où $\gamma = \frac{56,8}{69,25} = 0^{kg},820.$

Conduite de 47^{mm}.

$33^{kg},9$	$40^{kg},0$
35 ,8	18 ,2
51 ,6	23 ,0
38 ,3	24 ,7
27 ,1	20 ,4
27 ,1	23 ,7
	37 ,7

Moyenne... $30^{kg},9$ d'où $\gamma = \frac{30,9}{44,81} = 0^{kg},689.$

Ces chiffres sont évidemment des minima, car le séparateur n'enlève pas toute l'eau condensée, une partie de celle-ci devant être entraînée avec la vapeur. Ils semblent indiquer toutefois : 1° que la différence entre le chiffre des condensations par heure et par mètre carré des tuyaux de 100 ou de 71 millimètres et celui des tuyaux de 47 millimètres n'est pas aussi considérable que les expériences de condensation à l'état statique paraissaient l'indiquer; 2° que la condensation de la vapeur en mouvement ne doit pas différer beaucoup de celle de la vapeur statique.

D'ailleurs au point de vue spécial de la détermination du coefficient de perte de charge K, l'incertitude qui règne sur la valeur réelle de γ n'a pas une importance sensible.

Tant que L n'est pas très grand, ce qui est le cas des expériences de Lambrecht, le produit $0{,}000436\gamma DL$ reste très petit et une variation même assez grande de la quantité γ n'influe guère que sur la cinquième décimale de la valeur de K, c'est-à-dire que son influence est bien inférieure à celle des erreurs d'expérience.

Dans ces conditions, il n'y a pas d'inconvénients à adopter pour γ un chiffre moyen dont l'exactitude ne soit qu'approchée : les valeurs de K ainsi calculées n'en méritent pas moins de confiance.

Dans le calcul des valeurs de K qui figurent dans les tableaux ci-après, nous avons fait $\gamma = 0^k{,}800$.

Tableau des observations faites sur la conduite de 100 millimètres.

LONGUEURS	PRESSIONS ABSOLUES		DURÉE de l'expérience	EAU			POIDS de vapeur entrant dans la conduite par seconde m_0	VITESSE à l'entrée	VALEURS DE K		
	à l'entrée de la conduite p_0	à l'extrémité de la conduite p		vaporisée à la chaudière	recueillie à l'entrée de la conduite	recueillie à l'extrémité			partielles	moyennes	moyenne générale
mèt.	kilog.	kilog.		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	mèt.			
05,8	5,508	3,528							0,00119		
03,3	5,478	4,308	40′ 15″	2240,8	47,8	44	0,908	40,00	0,00114	0,00113	
02,3	5,498	4,983							0,00105		
05,8	5,653	4,235							0,00108		
03,3	5,783	4,970	47′	2453,0	78,7	90	0,842	35,60	0,00099	0,00100	
02,3	5,748	5,378							0,00092		
05,8	5,263	2,813							0,00101		
03,3	5,273	3,798	36′ 15″	2288,0	34,4	41	1,036	47,10	0,00102	0,00100	
02,3	5,240	4,583							0,00096		
05,8	5,168	3,080							0,00114		
03,3	5,088	3,893	40′	2217,0	30,0	56	0,911	42,15	0,00106	0,00114	
02,3	5,178	4,518							0,00124		
05,8	5,083	4,000							0,00111		
03,3	5,073	4,435	42′ 25″	1840,0	63,0	74	0,698	33,10	0,00102	0,00104	
02,3	5,063	4,758							0,00098		
05,8	3,963	2,490							0,00114		
03,3	3,833	2,893	51′ 5″	2146,5	32,3	34	0,690	41,75	0,00111	0,00114	
02,3	3,813	3,340							0,00117		
05,8	4,098	2,915							0,00103		
03,3	4,131	3,428	45′ 30″	1887,0	48,5	49	0,673	38,85	0,00097	0,00096	0,00115
02,3	4,058	3,740							0,00089		
05,8	4,015	2,248							0,00119		
03,3	4,098	3,995	40′ 35″	1793,0	33,0	36	0,723	41,65	0,00125	0,00121	
02,3	4,208	3,718							0,00120		
05,8	4,040	1,393							0,00125		
03,3	4,048	2,013	41′	1745,0	41,7	31	0,692	40,35	0,00127	0,00125	
02,3	4,060	2,588							0,00123		
05,8	3,233	1,303							0,00105		
03,3	3,265	2,100	38′	1604,0	30,0	10	0,690	50,15	0,00121	0,00109	
02,3	3,145	2,645							0,00101		
05,8	3,280	1,990							0,00166		
03,3	3,175	2,363	55′	1651,0	48,0	33	0,486	35,65	0,00163	0,00166	
02,3	3,220	2,823							0,00169		
05,8	2,828	1,705							0,00115		
03,3	2,885	2,140	53′	1667,0	51,0	53	0,508	40,90	0,00123	0,00123	
02,3	2,883	2,540							0,00131		

Tableau des observations faites sur la conduite de 71 millimètres.

LONGUEURS	PRESSIONS ABSOLUES		DURÉE	EAU			POIDS de vapeur entrant dans la conduite par seconde m_0	VITESSE	VALEURS DE k		
	à l'entrée de la conduite p_0	à l'extrémité de la conduite p	de l'expérience	vaporisée à la chaudière	recueillie à l'entrée de la conduite	recueillie à l'extrémité de la conduite		à l'entrée u_0	partielles	Moyennes	Moyennes générales
mèt.	kilog.	kilog.		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	mèt.			
304,9	5,777	1,449							0,001 04		
202,9	5,728	3,500	45′	1538	64	46,5	0,546	45,45	0,001 01	0,000 97	
102,0	5,678	4,818							0,000 87		
304,9	5,653	2,578							0,001 21		
202,9	5,678	3,953	58′ 30″	1698	96	42,5	0,456	38,40	0,001 17	0,001 10	
102,0	5,703	5,075							0,000 93		
304,9	5,953	4,060							0,001 32		
202,9	5,978	4,875	71′ 5″	1745	135	80	0,377	30,30	0,001 23	0,001 16	
102,0	5,918	5,513							0,000 93		
304,9	4,930	1,475							0,001 23		
202,9	4,955	3,068	58′ 10″	1608	112	33	0,429	41,20	0,001 21	0,001 15	
102,0	4,905	4,200							0,001 02		
304,9	5,023	2,320							0,001 30		
202,9	4,962	3,443	65′ 50″	1689	137	84	0,393	37,40	0,001 23	0,001 20	
102,0	4,968	4,360							0,001 07		
304,9	5,073	3,268							0,001 12		
202,9	4,917	3,858	69′ 25″	1666	133	101	0,368	35,35	0,001 03	0,001 00	0,00[illegible]
102,0	4,975	4,555							0,000 86		
304,9	4,075	1,360							0,001 32		
202,9	4,088	2,568	60′	1357	135	52	0,339	38,90	0,001 33	0,001 26	
102,0	4,064	3,478							0,001 13		
304,9	3,898	1,923							0,001 10		
202,9	3,972	2,763	74′ 17″	1557	94	65	0,328	38,90	0,001 14	0,001 03	
102,0	3,956	3,540							0,000 85		
304,9	4,039	2,640							0,001 43		
202,9	4,013	3,130	86′	1457	113	82	0,260	31,00	0,001 42	0,001 34	
102,0	4,003	3,648							0,001 19		
304,9	3,068	1,508							0,000 99		
202,9	3,078	2,090	72′ 40″	1284	79	75	0,276	41,80	0,001 04	0,001 00	
102,0	3,083	2,658							0,000 96		
304,9	3,047	1,808							0,001 19		
202,9	3,072	2,315	82′ 35″	1247	93	60	0,232	35,70	0,001 18	0,001 12	
102,0	3,062	2,755							0,001 00		
304,9	3,093	2,153							0,001 17		
202,9	3,050	2,473	100′ 10″	1380	107	77	0,212	32,05	0,001 11	0,001 05	
102,0	3,088	2,870							0,000 87		

Tableau des observations faites sur la conduite de 47 millimètres.

LONGUEURS	PRESSIONS absolues		DURÉE	EAU			POIDS de vapeur entrant dans la conduite par seconde m_0	VITESSE à l'entrée u_0	VALEURS DE K		
	à l'entrée de la conduite p_0	à l'extrémité de la conduite p	de l'expérience	vaporisée à la chaudière	recueillie à l'entrée de la conduite	recueillie à l'extrémité de la conduite			partielles	Moyennes	Moyenne générale
mèt.	kilog.	kilog.		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	mèt.			
303,60 202,75 101,30	3,325 3,211 3,208	1,570 2,183 2,768	76′ 10″	594	95	43	0,109	35,75	0,001 00 0,000 93 0,000 85	0,000 93	
303,60 202,75 101,30	3,168 3,093 3,063	2,128 2,425 2,755	82′ 30″	566	51	71	0,104	35,10	0,000 71 0,000 69 0,000 64	0,000 68	
303,60 202,75 101,30	3,122 3,117 3,117	1,693 2,178 2,698	79′ 6″	566	53	50,5	0,108	36,35	0,000 80 0,000 86 0,000 81	0,000 82	
303,60 202,75 101,30	4,125 4,105 4,083	1,425 2,473 3,430	80′ 50″	825,7	84	36,5	0,153	39,86	0,000 86 0,000 89 0,000 79	0,000 85	
303,60 202,75 101,30	4,068 4,028 4,048	1,855 2,635 3,455	76′ 20″	774	111	51	0,145	38,45	0,000 84 0,000 87 0,000 81	0,000 84	
303,60 202,75 101,30	5,048 5,071 5,060	1,468 3,033 4,268	90′	1.059	107	34,5	0,176	37,90	0,000 99 0,001 02 0,000 89	0,000 96	0,000 94
303,60 202,75 101,30	5,058 5,078 5,083	2.123 3,320 4,370	80′ 5″	941	89	36,5	0,177	38,15	0,000 88 0,000 90 0,000 80	0,000 86	
303,60 202,75 101,30	6,045 6,028 5,963	1,510 3,523 5,003	80′ 35″	1.109	112	27,5	0,206	37,50	0,001 04 0,001 06 0,000 91	0,001 00	
303,60 202,75 101,30	5,926 5,928 5,931	2,148 3,740 5,070	73′ 25″	972	103	29	0,197	36,35	0,001 01 0,001 02 0,000 91	0,000 98	
303,60 202,75 101,30	5,953 5,935 5,940	3,023 4.740 5,070	81′ 10″	1.014	106	?	0,186	34,50	0,000 97 0,000 97 0,000 86	0,000 94	
202,75 101,30	3,117 3,129	1,913 2,605	90′ 20″	690	142	54	0,101	34,05	0,001 20 0,001 14	0,001 17	
202,75 101,30	4,078 4,093	2,348 3,378	70′ 45″	669	68	32	0 142	37,25	0,001 00 0,001 05	0,001 08	
202,75 101,30	5,063 5,053	2,888 4,193	72′ 30″	827	89	22	0,170	36,50	0,001 15 0,001 03	0,001 00	

Les résultats des trente-six expériences faites sur les tuyaux de 100 millimètres sont très concordants entre eux et donnent pour K une moyenne de 0,00115. Il en est de même des trente-six expériences faites sur la conduite de 71 millimètres. Leur moyenne est 0,00118. Enfin les résultats des expériences faites sur la conduite de 47 millimètres, tout en étant assez concordants entre eux, donnent une moyenne générale un peu plus faible 0,00094

La moyenne générale est 0,00107

Il convient de remarquer que les causes d'erreur pouvant fausser les résultats ont une importance plus grande dans les expériences faites sur la conduite de 47 millimètres. En effet les volumes d'eau vaporisée dans ces expériences sont beaucoup plus faibles que dans celles des deux autres séries et l'importance relative d'une erreur commise dans la détermination du poids entrant, m_0, est par suite beaucoup plus grande.

Ce poids était obtenu en déduisant du poids d'eau vaporisée pendant la durée de l'expérience, le poids d'eau recueilli dans le premier séparateur. Or celui-ci ne représentait certainement pas toute l'eau entraînée; il y avait en outre une légère perte par la soupape de purge. Le chiffre ainsi calculé pour m_0 était donc trop fort, et l'influence de cette erreur sur le calcul K était d'autant plus forte que m_0 était plus petit.

En présence de la concordance très remarquable des résultats des expériences sur les conduites de 10 et de 71 millimètres, je pense qu'il convient d'adopter pour K le chiffre de 0,0011.

On remarquera que cette valeur de K est, pour la vapeur d'eau, un peu plus élevée que celle qui a été trouvée pour l'air.

Dans le mémoire déjà cité, M. Gutermuth donne les résultats de ses expériences sur les pertes de charge dans

deux conduites, l'une en fer de $0^m,075$ de diamètre, l'autre en fonte de $0^m,140$, établies dans un puits.

Parmi les tableaux insérés dans son mémoire, il y en a un certain nombre qui fournissent les éléments nécessaires pour le calcul de K. Je les ai reproduits dans le tableau ci-après et j'ai calculé dans chaque cas la valeur de K, d'après la formule (11). Les conduites étant établies dans un puits, il a fallu corriger les pressions finales, en diminuant les chiffres observés de l'augmentation de pression due à la pesanteur. Les valeurs de γ sont tirées du tableau de la page 565.

Conduite en fonte de 322 mètres de longueur, 140 millimètres de diamètre intérieur.

(La station inférieure était à 239 mètres au-dessous de la surface.)

PRESSION initiale p_0	PRESSION finale observée	AUGMENTATION de pression due à la pesanteur	PRESSION finale corrigée p	POIDS de vapeur fournie par seconde m_0	POIDS de vapeur condensée par heure et par mètre carré γ	VALEUR de K	OBSERVATION
atm.	atm.	atm.	atm.	kilog.	kilog.		
2,99	2,84	0,039	2,801	0,585	1,02	0,00100	
4,00	4,01	0,050	3,960	0,397	1,09	0,00062	(*)
3,00	2,87	0,039	2,831	0,573	1,02	0,00094	
3,00	2,54	0,037	2,503	0,814	1,02	0,00128	

(*) Erreur probable d'observation.

La valeur de K fournie par la deuxième expérience, s'écarte beaucoup des autres et fait supposer une erreur d'expérience. Si on élimine cette observation, on trouve pour les autres des nombres assez concordants, dont la moyenne générale est 0,00107.

Conduite en fer de 330 mètres de longueur et 75 millimètres de diamètre intérieur.

(Un certain nombre d'expériences comportaient des observations à deux stations intermédiaires.)

NUMÉROS des observations	LONGUEURS de la conduite L	PROFONDEUR de la section au-dessous de la surface	PRESSION initiale observée p_0	PRESSION finale observée	AUGMENTATION de pression due à la pesanteur	PRESSION finale corrigée p	POIDS de vapeur fournie par seconde m_0	POIDS de vapeur condensée par heure et par mèt. carr. γ	VALEURS DE [illegible] simples	[illegible]
	mèt.	mèt.	atm.	atm.	atm.	atm.	kilog.	kilog.		
A	130 230 330	100 200 239	2,96	2,63 2,47 2,21	0,01 0,03 0,03	2,62 2,44 2,18	0,221	1,05	0,00131 0,00110 0,00115	[illegible]
B	130 230 330	100 200 239	3,88	3,83 3,70 3 65	0,02 0,04 0,05	3.81 3,66 3,60	0,162	1.19	0,00068 0,00121 0,00111	[illegible]
C	130 230 330	100 200 239	5,89	5,47 5,06 4,67	0,03 0.07 0,07	5,44 4,99 4,60	0,361	1,31	0.00125 0.00137 0,00134	[illegible]
D	130 230 330	100 200 239	5,78	4,55 3,53 2,50	0.03 0,05 0,05	4.52 3,48 2,45	0,538	1,22	0,00142 0,00134 0,00122	[illegible]
E	130 230 330	100 200 239	5,78	4,72 3.95 2.38	0.03 0,05 0,04	4,69 3,90 2,34	0,545	1,21	0,00123 0,00111 0,00120	[illegible]
F	130 230 330	100 200 239	5,76	4,68 3,55 2,34	0.03 0,03 0,05	4,65 3,52 2,29	0,546	1,21	0,00123 0,00127 0,00121	[illegible]
G	330	239	5.97	5,51	0,07	5,44	0,254	1,33	0,00123	[illegible]
H	330	239	5,97	5,71	0,08	5,63	0,198	1,34	0,00132	[illegible]
I	330	239	3,00	2,73	0,04	2,69	0,154	1,09	0,00110	[illegible]

La moyenne générale est 0,00121.

Elle est un peu plus élevée que pour les tuyaux de $0^m,140$. Si on prend la moyenne entre les deux chiffres ainsi obtenus pour chacune des deux conduites, 0,00107 et 0,00121, on trouve 0,00114, valeur qui se rapproche beaucoup de celle que fournissent les expériences d'Anzin. La concordance est même remarquable et me paraît

de nature à faire accepter avec confiance le chiffre définitif de 0,0011.

La formule qui donne la pression à l'extrémité d'une conduite de diamètre D et de longueur L, pour un poids de vapeur initial m_0 et une pression initiale p_0, est donc :

$$p^{1,94} = p_0^{1,94} - \frac{0,000\,000\,552\,L}{D^5} m_0(m_0 - 0,000\,436\,\gamma D L) \qquad (13)$$

si p et p_0 sont exprimés en atmosphères et

$$p^{1,94} = p_0^{1,94} - \frac{0,000\,000\,589\,L}{D^5} m_0(m_0 - 0.000\,436\,\gamma D L) \qquad (13\ bis)$$

si p et p_0 sont exprimés en kilogrammes par centimètre carré.

Si l'on cherche D, connaissant les autres quantités, l'équation en D s'écrira :

Si p et p_0 sont exprimés en atmosphères,

$$(p_0^{1,94} - p^{1,94}) D^5 + 0,000\,000\,000\,241\,\gamma m_0 L^2 D - 0,000\,000\,552\, m_0^2 L = 0 \qquad (14)$$

et, si p et p_0 sont exprimés en kilogrammes par centimètre carré,

$$(p_0^{1,94} - p^{1,94}) D^5 + 0,000\,000\,000\,257\,\gamma m_0 L^2 D - 0,00\,000\,589\, m_0^2 L = 0. \qquad (14\ bis)$$

On résoudra ces équations par approximations successives.

Comme le coefficient du terme en D est très petit, on aura dans la pratique (à moins que L ne soit très grand), une approximation suffisante, en faisant simplement

$$D = \sqrt[5]{\frac{0,000\,000\,552\, m_0^2 L}{p_0^{1,94} - p^{1,94}}}$$

ou

$$D = 0,056 \sqrt[5]{\frac{m_0^2 L}{p_0^{1,94} - p^{1,94}}} \qquad (15)$$

si p et p_0 représentent des atmosphères, et

$$D = 0{,}057 \sqrt[5]{\frac{m_0^2 L}{p_0^{1,94} - p^{1,94}}} \qquad (15\ bis)$$

si p et p_0 représentent des kilogrammes par centimètre carré.

Ces valeurs de D seront approchées par excès.

Cas d'une conduite inclinée. — Si la conduite est inclinée, il faut tenir compte de l'augmentation ou de la diminution de pression due à la pesanteur.

Soit α l'angle que fait la conduite avec l'horizon, α étant compté positivement si la conduite est descendante et négativement, si elle est montante.

On aura, à l'état statique, la relation :

$$10334\, dp' = \delta\, dL \sin\alpha = 0{,}606\, p'^{0,94} \sin\alpha\, dL$$

d'où, en intégrant de p'_0 à p' et de zéro à L,

$$p'^{0,06} = p_0'^{0,06} + 0{,}00000352 \sin\alpha L \qquad (16)$$

Si p' et p'_0 sont exprimés en kilogrammes, cette équation devient :

$$p'^{0,06} = p_0'^{0,06} + 0{,}00000353 \sin\alpha L \qquad (16\ bis)$$

Le tableau suivant donne les valeurs de $p' - p'_0$ pour des pressions initiales variant de 1 à 10 kilogrammes par centimètre carré et pour des profondeurs variant de 1 à 1.000 mètres :

PRESSIONS initiales, absolues, en kilogr. par centim. carré	LONGUEUR VERTICALE DE LA CONDUITE EN MÈTRES									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000
1	0,006	0,012	0,018	0,024	0,030	0,036	0,042	0,048	0,054	0,060
2	0,011	0,022	0,033	0,045	0,056	0,067	0,079	0,090	0,102	0,113
3	0,016	0,032	0,049	0,066	0,082	0,099	0,116	0,133	0,150	0,166
4	0,021	0,042	0,064	0,087	0,118	0,131	0,153	0,176	0,198	0,219
5	0,026	0,053	0,080	0,108	0,135	0,163	0,190	0,218	0,245	0,273
6	0,031	0,064	0,095	0,128	0,160	0,193	0,225	0,258	0,290	0,323
7	0,036	0,075	0,110	0,148	0,185	0,223	0,260	0,298	0,335	0,373
8	0,041	0,086	0,125	0,168	0,210	0,253	0,295	0,338	0,380	0,423
9	0,046	0,097	0,140	0,188	0,235	0,283	0,330	0,378	0,425	0,473
10	0,051	0,107	0,155	0,208	0,260	0,313	0,365	0,418	0,470	0,523

Si le fluide est en mouvement, l'équation différentielle devient :

$$dp = 0{,}0000586 \sin \alpha\, p^{0{,}94}\, dL - \frac{0{,}000000285\, m_0 (m_0 - 0{,}000872 \gamma DL)}{p^{0{,}94} D^5} dL.$$

Cette équation, si l'intégration en est possible, donnerait pour p une expression tellement compliquée qu'elle serait pratiquement inutilisable.

On calculera l'augmentation de pression due à la pesanteur avec une approximation suffisante, en remplaçant p'_0 dans (16) successivement par p_0 et par la valeur de p tirée de l'équation (13) et en prenant la moyenne.

Valeur de D *pour laquelle la perte de charge est nulle.* — On peut se proposer de chercher la valeur de D pour laquelle la perte de charge dans une conduite inclinée est nulle.

Il suffit pour cela de faire $dp = 0$ et $p = p_0$ dans l'équation différentielle précédente.

On a ainsi

$$0.0000586 \sin \alpha\, p_0^{0{,}94} = \frac{0{,}000\,000\,285\, m_0 (m_0 - 0{,}000\,872 \gamma DL)}{p_0^{0{,}94} D^5}$$

ou

$$p_0^{1{,}88} \sin \alpha\, D^5 + 0{,}000\,004\,288\, m_0 \gamma LD - 0{,}00486\, m_0^2 = 0 \quad (17)$$

équation qui donnera D par approximations successives.

Si l'on remarque que le terme en D est toujours très petit, on voit que l'on aura D avec une approximation très suffisante dans la pratique en posant

$$p_0^{1,88} \sin\alpha\, D^5 = 0,00486\, m_0^2$$

d'où

$$D = 0,3446 \sqrt[5]{\frac{m_0^2}{p_0^{1,88} \sin\alpha}}. \qquad (18)$$

On peut remplacer cette valeur de D par une expression plus simple, en multipliant les deux termes de la fraction sous le radical par $\overline{0,606}^2$ et en remplaçant

$$\frac{m_0}{0,606\, p_0^{0,94}} \text{ par } v_0,$$

v_0 étant le volume initial de la vapeur.

On trouve ainsi finalement :

$$D = 0,3117 \sqrt[5]{\frac{v_0^2}{\sin\alpha}} \qquad (19)$$

et si la conduite est verticale

$$D = 0,3117 \sqrt[5]{v_0^2} \qquad (19 \textit{ bis})$$

valeur très simple qui peut être adoptée dans la pratique.

Elle est à rapprocher de la relation (8) qui s'applique à l'air comprimé.

Cette équation donne, en transformant en logarithmes et en exprimant D en centimètres,

$$\log P = \log 31,17 + 0,4 \log v_0 ;$$

faisant

$$\log D = Y \qquad 0,4 \log v_0 = X$$

l'équation devient

$$Y - X - \log 31,17 = 0.$$

Elle représente une ligne droite inclinée à 45° sur l'axe des abscisses.

Elle est figurée par la ligne pointillée AB sur l'abaque n° 5 (Pl. XVI, *fig.* 2), dans lequel les abscisses sont supposées représenter les volumes v_0 au lieu des poids m_0.

On peut, au moyen de cette figure, trouver immédiatement sans calcul le diamètre qu'il faut donner à une conduite verticale pour qu'il n'y ait pas de perte de charge.

Je suppose, par exemple, que l'on veuille trouver le diamètre d'une conduite satisfaisant à cette condition et débitant 150 litres de vapeur par seconde. En remontant le long de l'ordonnée correspondant à l'abscisse 0,150, on voit que le point d'intersection avec la ligne AB est en D, et correspond à 14,5. Le diamètre cherché est donc $14^{cent},5$.

Le calcul direct donne 14,59.

Exemple. — Soit une conduite de 500 mètres de longueur établie dans un puits vertical et devant débiter $0^k,500$ de vapeur par seconde à la pression initiale de six atmosphères.

Admettons que la condensation soit de $0^k,800$ par mètre carré et par heure : $\gamma = 0,8$.

On cherche la perte de charge et le poids de vapeur disponible à l'extrémité inférieure de la conduite, pour des diamètres de 8, 10, 12 et 14 centimètres.

Le tableau suivant donne les résultats des calculs :

DIAMÈTRES DE LA CONDUITE.		8^{cm}	10^{cm}	12^{cm}	14^{cm}
Poids initial de vapeur par seconde	m_0	$0^k,500$	$0^k,500$	$0^k,500$	$0^k,500$
Poids de vapeur à l'extrémité par seconde	m	0 ,472	0 ,465	0 ,458	0 ,451
Perte de vapeur . . . . dito	$m_0 - m$	0 ,028	0 ,035	0 ,042	0 ,049
id	p. 100	5,6	7	8,4	9,8
Pression initiale	p_0	$6^{at},000$	$6^{at},000$	$6^{at},000$	$6^{at},000$
Pression finale si la conduite était horizontale,	p	3 ,590	5 ,331	5 ,742	5 ,883
Perte de charge	$p_0 - p$	2 ,410	0 ,669	0 ,258	0 ,117
Gain de pression dû à la pesesanteur	$(p' - p'_0)$	0 ,132	0 ,151	0 ,156	0 ,158
Pression à l'extrémité de la conduite	$(p + p' - p'_0)$	3 ,722	5 ,482	5 ,898	6 ,041

Perte d'énergie. — La vapeur envoyée dans les con-

duites est presque toujours employée à actionner un moteur. Il est donc important de connaître la perte d'énergie qui résulte de la condensation et de la perte de charge.

On sait que, lorsque la vapeur se détend dans un cylindre en produisant du travail, sa pression et son volume sont liés par la relation

$$pv^{\mu} = \text{const.} \qquad (20)$$

Dans les conditions ordinaires du fonctionnement de nos machines, $\mu = 1,14$.

Si l'on appelle p et v la pression et le volume de la vapeur introduite dans le cylindre,

p_1 et v_1 la pression et le volume à la fin de la détente,

p_2 la contre-pression,

on déduit de la relation (20) le travail indiqué de la vapeur :

$$\mathfrak{T} = 10334 \frac{pv}{0,14}\left[1,14 - \left(\frac{v}{v_1}\right)^{0,14}\right] - 10334 p_2 v_1$$

$\frac{v}{v_1}$ est l'inverse du rapport de détente que nous appellerons $\frac{1}{n}$.

Remplaçant $\frac{v}{v_1}$ par $\frac{1}{n}$, l'équation du travail devient :

$$\mathfrak{T} = 10334 pv\left(8,143 - \frac{1}{0,14 n^{0,14}}\right) - 10334 p_2 nv$$

ou

$$\mathfrak{T} = pv\left(84142 - \frac{73808}{n^{0,14}}\right) - 10334 p_2 nv. \qquad (21)$$

Si p et p_2 sont exprimés en kilogrammes par centimètre carré, on a

$$\mathfrak{T} = pv\left(81430 - \frac{71426}{n^{0,14}}\right) - 10000 p_2 nv \qquad (21\ bis)$$

v est le volume occupé par le poids m de vapeur à la

pression p

$$v = \frac{m}{0,606\, p^{0,94}}.$$

Remplaçant v par cette valeur dans l'équation (21), on trouve

$$\mathfrak{T} = mp^{0,06}\left(138845 - \frac{121800}{n^{0,14}}\right) - \frac{17053\, np_2 m}{p^{0,94}}$$

m et p sont fonction du diamètre D de la conduite. En les remplaçant dans l'équation précédente par leur valeur en fonction de D, et égalant à zéro la dérivée de $\mathfrak{T}$, on aurait pour chaque valeur de n la valeur de D qui rendrait $\mathfrak{T}$ maximum.

Malheureusement la valeur que l'on trouve pour $\mathfrak{T}$ en fonction de D est extrêmement compliquée, et la dérivée égalée à zéro donne une équation d'où l'on ne peut tirer une valeur explicite de D.

On peut toutefois, par quelques tâtonnements, trouver la valeur approximative de D, qui donne la moindre perte d'énergie.

Reprenons l'exemple adopté ci-dessus et calculons le travail indiqué que fournira à un moteur placé à 500 mètres de distance, un poids de $0^k,500$ de vapeur introduit par seconde, à la pression de 6 atmosphères, dans des conduites ayant respectivement 8, 10, 12 et 14 centimètres.

Nous ferons les trois hypothèses suivantes :

1° Le moteur est sans condensation. Le rapport de détente est 1,25, c'est-à-dire que la vapeur est introduite seulement pendant les $\frac{4}{5}$ de la course, ce qui est le cas ordinaire des machines d'extraction ; la contre-pression $p_2 = 1$.

Dans ce cas le travail indiqué du moteur est

$$\mathfrak{T} = 12607\, pv - 12916\, v$$

et la perte de travail est

$$12607(p_0v_0 - pv) - 12916(v_0 - v).$$

2° Le moteur est encore sans condensation; et la contre-pression $p_2 = 1^{at}$. Mais le rapport de détente est tel que la pression à la fin de la détente soit égale à p_2, c'est-à-dire à une atmosphère :

$$n = \frac{v_2}{v} = \left(\frac{p}{p_2}\right)^{\frac{1}{1,14}} = p^{0,877}$$

Dans ce cas

$$\mathfrak{T} = 84142v(p - p^{0,877})$$

et la perte de travail est :

$$84142[v_0(p_0 - p_0^{0,877}) - v(p - p^{0,877})].$$

3° Le moteur est à condensation, la contre-pression est égale à un dixième d'atmosphère; le rapport de détente est fixe et égal à six, chiffre qui n'est guère dépassé dans la pratique pour des machines à moyenne pression.

Le travail indiqué du moteur est dans ce cas

$$\mathfrak{T} = 26711pv - 6200v \text{ (*)}$$

et la perte de travail due au transport de la vapeur est :

$$26711(p_0v_0 - pv) - 6200(v_0 - v).$$

Effectuant les calculs, on trouve les résultats inscrits dans le tableau ci-après :

(*) Si p et p_0 étaient exprimés en kilogrammes par centimètre carré, les valeurs de $\mathfrak{T}$ données par les formules précédentes devraient être divisées par 10334.

DIAMÈTRE de la conduite horizontale (500^m de longueur)	PRESSION à l'extrémité de la conduite p	CONTRE-PRESSION p_2	RAPPORT de détente n	VOLUME de vapeur à l'extrémité de la conduite v	TRAVAIL du moteur $\mathfrak{T}$	TRAVAIL qu'aurait fourni la vapeur à l'origine de la conduite $\mathfrak{T}_0$	PERTE de travail due au transport de la vapeur		OBSERVATIONS
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
mètres	atm.	atm.		m. cub.	kgm.	kgm.	kgm.	p. 100	
0,08	3,590	1	1,25	0,234	7,577	9,611	2.034	21,16	(1)
0,10	5,331	1	1,25	0,159	8,635	9,611	976	10,15	
0,12	5,742	1	1,25	0,146	8,693	9,611	918	9,55	
0,14	5,883	1	1,25	0,141	8,614	9,611	997	10,36	
0,08	3,590	1	3,069	0,234	10.289	15.304	5 035	32.91	(2)
0,10	5.331	1	4,339	0,159	13.284	15.304	2.020	13,20	
0,12	5,742	1	4,631	0,146	13.664	15.304	1.640	10,72	
0,14	5,883	1	4,731	0,141	13.638	15.304	1.666	10.90	
0,08	3,590	0,1	6	0,234	21.007	23.607	2.600	11,00	(3)
0,10	5,331	0,1	6	0,159	21.670	23.607	1,937	8,20	
0,12	5,742	0,1	6	0,146	21.510	23.607	2,097	8,88	
0,14	5,883	0,1	6	0,141	21.238	23.607	2,369	10,03	

(1) Moteur sans condensation, à faible détente.
(2) Moteur sans condensation, à détente complète.
(3) Moteur à condensation et à détente.

En réalité le travail que pourrait fournir la vapeur soit à l'origine, soit à l'extrémité de la conduite, n'est pas aussi considérable que l'indiquent les chiffres des colonnes (6) et (7).

Il faut tenir compte en effet du phénomène de la condensation de la vapeur à l'intérieur du cylindre, pendant l'admission, phénomène par suite duquel le volume de vapeur « sensible », c'est-à-dire le volume correspondant à l'admission, est notablement plus faible que celui qui correspond au poids introduit m.

La quantité de vapeur condensée intérieurement dépend de la différence entre les températures d'admission et d'échappement, du réglage et du genre de la machine. Elle diminue si celle-ci comporte une compression à la fin de la période d'échappement, si le cylindre a une enveloppe de vapeur, si la détente se fait dans plusieurs

cylindres, etc... Elle peut varier de 10 à 25 p. 100 du poids de vapeur introduit.

Par conséquent les chiffres des colonnes (6) et (7) devraient être frappés d'un coefficient de réduction variant de 0,90 à 0,75, suivant le type et le fonctionnement de la machine.

Ils n'en restent pas moins comparables entre eux et leur examen conduit à des conséquences intéressantes.

Ils montrent qu'il existe pour chaque genre de moteur une valeur de D qui rend minimum la perte de travail, et que cette perte peut descendre à 8 ou 9 p. 100, avec une conduite de 500 mètres de longueur, pourvu que le diamètre des tuyaux soit convenablement choisi et qu'ils soient pourvus d'une bonne enveloppe.

Avec les données adoptées ci-dessus (transport de 500 grammes de vapeur par seconde à la pression de six atmosphères et à 500 mètres de distance), le diamètre le plus convenable est de 12 centimètres pour une machine sans condensation et de 10 centimètres pour une machine à condensation.

On a donc intérêt, non seulement au point de vue de l'économie sur la dépense de premier établissement, mais encore au point de vue du meilleur rendement de la vapeur, à ne pas exagérer le diamètre des tuyaux de conduite et à leur donner des dimensions appropriées à la quantité de vapeur qu'ils doivent débiter.

Ordinairement le problème se pose autrement que nous ne l'avons fait dans l'exemple de la page 587. Il consiste à déterminer le diamètre le plus favorable à donner à une conduite devant fournir de la vapeur à un moteur situé à une distance connue des générateurs et capable de produire un travail indiqué donné.

On connaît d'ailleurs le timbre des chaudières, c'est-à-dire la pression initiale p_0.

On procédera par tâtonnements, en attribuant à p, *a priori*, une valeur inférieure à p_0.

Connaissant le type du moteur, la pression d'introduction p, et le travail indiqué à produire, on déduira de ces données le poids m de vapeur que la conduite de vapeur devra débiter par seconde à son extrémité.

On aura m_0 par l'équation (10)

$$m_0 = m + 0{,}000872\gamma DL.$$

Remplaçant m_0 par cette valeur dans l'équation (14), on aura, toutes réductions faites :

$$(p_0^{1,94} - p^{1,94})D^5 - \frac{2097\gamma^2 L^2}{10^{16}}D^2 - \frac{722\gamma L^2 m}{10^{12}}D - \frac{552m^2 L}{10^9} = 0. \quad (22)$$

On fera

$$D' = \sqrt[5]{\frac{552m^2L}{10^9(p_0^{1,94} - p^{1,94})}}$$

et on aura une valeur de D très approchée, en remplaçant D par D′ dans les termes du second et du premier degré de l'équation (22).

Si même L ne dépasse pas 1.200 mètres, on aura D avec une approximation très acceptable dans la pratique, en faisant simplement

$$D = \sqrt[5]{\frac{552m^2L}{10^9(p_0^{1,94} - p^{1,94})}}$$

ou

$$D = 0{,}056\sqrt[5]{\frac{m^2L}{p_0^{1,94} - p^{1,94}}}, \quad (23)$$

Cette équation donnera une valeur de D approchée par défaut.

Reprenant, par exemple, les chiffres du tableau de la page 585 et faisant $m = 0{,}472$, $L = 500$, $p_0 = 6$, $p = 3{,}59$ $\gamma = 0{,}8$, la formule (23) donne $D = 0{,}0787$ au lieu de 0,08, chiffre exact. L'erreur est seulement de $1^{mm},3$, c'est-à-dire insignifiante.

Si p_0 et p, au lieu d'être exprimés en atmosphères, sont exprimés en kilogrammes (absolus) par centimètre carré, l'équation (22) devient :

$$(p_0^{1,94}-p^{1,94})D^5-\frac{2237\gamma^2L^3}{10^{16}}D^2-\frac{770\gamma L^2m}{10^{12}}D-\frac{589\,m^2L}{10^9}=0 \qquad (22\ bis)$$

et l'équation (23) :

$$D=0{,}057\sqrt[5]{\frac{m^2L}{p_0^{1,94}-p^{1,94}}}. \qquad (23\ bis)$$

Connaissant D, on aura m_0 par l'équation (10).

On attribuera ensuite à p des valeurs se rapprochant de plus en plus de p_0 et on calculera pour chacune d'elles D et m_0. On adoptera la valeur de D pour laquelle m_0 est minimum. Ce sera la valeur la plus favorable, puisque ce sera celle qui donnera la moindre dépense de vapeur et, par suite, de combustible.

Pour faciliter le calcul des formules (15 *bis*) et (23 *bis*) qui donnent le diamètre en fonction du poids initial ou du poids débité, de la longueur et des pressions initiales et finales, j'ai construit les abaques n°s 3, 4 et 5.

L'équation (23 *bis*) donne, en prenant les logarithmes :

$$\log D=\log 0{,}057+\frac{2}{5}\log m+\frac{1}{5}\log\frac{L}{p_0^{1,94}-p^{1,94}}.$$

Posons :

$$\frac{L}{p_0^{1,94}-p^{1,94}}=C.$$

et exprimons D en centimètres, $D_1=100D$; nous aurons :

$$\log D_1=\log 5{,}7+\frac{2}{5}\log m+\frac{1}{5}\log C.$$

Si on prend des abscisses proportionnelles à $\frac{2}{5}\log m$, des ordonnées proportionnelles à $\log D_1$, l'équation précédente peut s'écrire :

$$Y=X+\log 5{,}7+\frac{1}{5}\log C.$$

Elle représente une ligne droite pour chaque valeur de C. Ces lignes droites sont figurées pour diverses valeurs de C sur l'abaque n° 5 (Pl. XVI, *fig.* 2).

D'un autre côté :

$$\log C = \log L - \log (p_0^{1,94} - p^{1,94}).$$

En prenant pour abscisses des longueurs proportionnelles à log L, pour ordonnées des longueurs proportionnelles à $\log (p_0^{1,94} - p^{1,94})$, on a l'équation $\log C = X - Y$. Elle représente une série de lignes droites inclinées, qui sont figurées sur l'abaque n° 4 (Pl. XVI, *fig.* 1), et dont chacune correspond à une valeur de C.

Enfin l'abaque n° 3 (Pl. XV) donne les valeurs de la fonction $p_0^{1,94} - p^{1,94}$. Il a été obtenu en portant en abscisses des longueurs proportionnelles à $p_0^{1,94}$ et en ordonnées des longueurs proportionnelles à $p^{1,94}$. Chacune des lignes droites inclinées correspond à une valeur déterminée de la fonction $p_0^{1,94} - p^{1,94}$.

Voici comment on peut se servir de ces abaques :

Cherchons par exemple le diamètre d'une conduite de 350 mètres de longueur devant fournir un débit de $0^k,758$ de vapeur par seconde, avec une pression initiale absolue de 6 kilogrammes, et une perte de charge de $2^k,080$:

L'abaque n° 3 donne : $\overline{6}^{1,94} - \overline{3,92}^{1,94} = 18.$

L'abaque n° 4 donne : $\frac{350}{18} = C = 19,4.$

L'abaque n° 5 donne : pour $m = 0,758$, $C = 19,4$, $D_1 = 9,2.$

Le calcul direct, par l'équation (23 *bis*), donne $D = 0,09188$ et par l'équation (22 *bis*) $D = 0,0927$. L'approximation est aussi satisfaisante que possible.

Pour mieux fixer les idées, je prendrai l'exemple suivant :

Je suppose qu'on veuille établir au fond d'un puits de

300 mètres de profondeur une pompe souterraine à moteur compound, à condensation, détendant au sixième et dont le travail indiqué sur les pistons soit par seconde de 30.000 kilogrammètres; la longueur totale de la conduite doit être de 350 mètres; la pression initiale est de 6 kilogrammes (absolus) par centimètre carré.

On admet que la contre-pression sera de $0^k,1$ et que la condensation à l'intérieur des cylindres pendant l'admission sera de 12 p. 100 du poids de vapeur introduit.

Par suite, l'équation (17 *bis*) devient :

$$30000 = 0,88pv\left(81430 - \frac{71428}{6^{0,14}}\right) - 6000v\,0,88$$

ou :

$$30000 = (25850p - 6000)\frac{0,88m}{\delta},$$

δ étant la densité de la vapeur à la pression p, laquelle est donnée par les tables, ou enfin

$$30000 = \frac{22748p - 5280}{\delta}m.$$

Prenons une première valeur de p égale à 4 kilogrammes.

La densité correspondante $\delta = 2,164$.

L'équation précédente donne $m = 0,758$.

Le gain de pression dû à la pesanteur, pour une pression moyenne de 5 kilogrammes et une profondeur de 300 mètres, est, d'après le tableau de la page 583 :

$$0^{kg},080.$$

La perte de charge due au frottement sera donc $2^k,080$ et la pression finale $p = 3^k,92$.

Nous savons que $L = 350$ et que $p_0 = 6$.

Nous calculerons D, soit par l'équation (23 *bis*) qui donne $D = 0,0919$, soit par l'équation (22 *bis*), d'où on tire $D = 0,0927$, soit enfin par les abaques, qui donnent $D = 0,092$.

L'équation (10), si on suppose que $\gamma = 0,8$, donne $m_0 = 0,781$.

Faisons les mêmes calculs pour

$p = 4,75$	5,50	5,75

nous trouverons

$m = 0^k,742$	$0^k,730$	$0^k,726$
$D = 0^m,098$	$0^m,114$	$0^m,128$
$m_0 = 0^k,766$	$0^k,758$	$0^k,758$

Le minimum de m_0 a lieu pour une valeur de D comprise entre 0,114 et 0,128, et comme on a intérêt à prendre le plus faible diamètre, on fera $D = 11^c,4$. Ce sera cette valeur du diamètre qui donnera la plus faible dépense de vapeur pour produire le travail indiqué de 30.000 kilogrammètres.

Résumé. — Les formules et les tableaux qui précèdent permettent de résoudre la plupart des problèmes que présente le transport de la force à distance, au moyen de la vapeur ou de l'air comprimé, dans des conduites *rectilignes*.

Je crois utile de résumer ici les diverses formules que l'on peut employer couramment dans la pratique.

Air comprimé.

La pression p, à l'extrémité d'une conduite horizontale de longueur L, et de diamètre intérieur D, dans laquelle entre un volume Q_0 d'air, à la pression p_0 et à la température absolue T_0, est donnée par l'expression

$$p^2 = p_0^2 \left(1 - 0,0001012 \frac{Q_0^2 T L}{T_0^2 D^5}\right). \qquad (4)$$

Le diamètre d'une conduite en fonction des pressions initiale et finale, du volume initial et de la longueur,

est :

$$D = 0{,}1589 \sqrt[5]{\frac{Q_0^2 T L}{T_0^2 \left(1 - \frac{p^2}{p_0^2}\right)}} \tag{5}$$

et si l'on fait $T_0 = 288$, $T = 293$, ce qui est le cas ordinaire :

$$D = 0{,}05137 \sqrt[5]{\frac{Q_0^2 L}{1 - \frac{p^2}{p_0^2}}}. \tag{5 bis}$$

Dans une conduite rectiligne inclinée sur l'horizon d'un angle α, la pression à l'extrémité est, à l'état statique :

$$p = p_0 e^{\frac{0{,}0341\, L \sin \alpha}{T}}$$

et à l'état de mouvement :

$$p^2 = \frac{0{,}001475\, Q_0^2 p_0^2 T^2}{\sin \alpha\, D^5 T_0^2} \left[1 + \left(\frac{\sin \alpha\, D^5 T_0^2}{0{,}001475\, Q_0^2 T^2} - 1\right) e^{\frac{0{,}0682\, L \sin \alpha}{T}}\right].$$

Dans ces formules α est pris positivement si la conduite est descendante, et négativement si elle est montante.

Enfin, dans une conduite descendante, il n'y a aucune perte de charge lorsque le diamètre satisfait à la condition :

$$D = 0{,}2718 \sqrt[5]{\frac{Q_0^2 T^2}{\sin \alpha\, T_0^2}}. \tag{8}$$

Si la conduite est verticale, et si $T = T_0$, ce qui est le cas ordinaire dans un puits d'entrée d'air :

$$D = 0{,}27158\, bis \sqrt[5]{Q_0^2}. \tag{8 bis}$$

Dans toutes les formules qui précèdent, p et p_0 sont exprimés en atmosphères ou en kilogrammes par centimètre carré, L et D en mètres, Q_0 en mètres cubes.

Vapeur.

Appelant m_0 le poids de vapeur sèche envoyé par seconde à l'origine de la conduite, m le poids qui arrive à l'autre extrémité, exprimés en kilogrammes, p_0 et p les pressions initiales et finales, L et D la longueur et le diamètre intérieur de la conduite en mètres, γ le poids de vapeur condensée par heure et par mètre carré de surface intérieure de la conduite, on a les relations suivantes :

$$m = m_0 - 0{,}000872\gamma DL. \qquad (10)$$

Si p et p_0 sont exprimés en atmosphères

$$p^{1,94} = p_0^{1,94} - \frac{0{,}000000552\,L}{D^5} m_0(m_0 - 0{,}000436\gamma DL). \qquad (13)$$

et si p et p_0 sont exprimés en kilogrammes par centimètre carré :

$$p^{1,94} = p_0^{1,94} - \frac{0{,}000000589\,L}{D^5} m_0(m_0 - 0{,}000436\gamma DL). \qquad (13\ bis)$$

Ces équations fourniront l'une quelconque des quantités m, m_0, p, p_0, L, D, quand on connaîtra les autres.

Si la longueur de la conduite ne dépasse pas 1.200 mètres, on aura le diamètre correspondant aux pressions p_0 et p avec une approximation très suffisante dans la pratique par les formules :

$$D = 0{,}056 \sqrt[5]{\frac{m_0^2 L}{p_0^{1,94} - p^{1,94}}}, \qquad (15)$$

si p et p_0 sont exprimés en atmosphères, et

$$D = 0{,}057 \sqrt[5]{\frac{m_0^2 L}{p_0^{1,94} - p^{1,94}}}, \qquad (15\ bis)$$

si p et p_0 sont exprimés en kilogrammes par centimètre carré.

La valeur de D ainsi trouvée sera approchée par excès. Lorsque la conduite n'est pas trop longue et qu'elle est bien enveloppée, m diffère peu de m_0. Si donc on se donne m et non m_0, on aura D avec une approximation suffisante en faisant :

$$D = 0{,}056 \sqrt[5]{\frac{m^2 L}{p_0^{1,94} - p^{1,94}}}, \qquad (23)$$

On aura ainsi une valeur de D approchée par défaut.

Si on veut avoir une approximation plus grande, on calculera m_0 par l'équation (10) au moyen de cette première valeur de D ; l'équation (15) donnera ensuite une seconde valeur de D approchée par excès. On prendra alors la moyenne des deux valeurs de D ainsi trouvées.

Si la conduite est inclinée, la variation de pression, à l'état statique, est donnée par l'équation :

$$p^{0,06} = p_0^{0,06} + 0{,}00000352 \sin \alpha \, L \qquad (16)$$

dans laquelle p et p_0 sont exprimés en atmosphères, ou

$$p^{0,06} = p_0^{0,06} + 0{,}00000353 \sin \alpha \, L \qquad (16 \textit{ bis})$$

si p et p_0 sont exprimés en kilogrammes par centimètre carré.

Il n'y aura aucune perte de charge dans une conduite descendante lorsque D satisfera à l'équation :

$$D = 0{,}3117 \sqrt[5]{\frac{v_0^2}{\sin \alpha}}, \qquad (19)$$

v_0 étant le volume initial de vapeur entrant dans la conduite.

Si la conduite est verticale, cette équation devient :

$$D = 0{,}3117 \sqrt[5]{v_0^2}. \qquad (19 \textit{ bis})$$

BULLETIN

SUR LES EMPREINTES DU SONDAGE DE DOUVRES

Par M. R. ZEILLER, Ingénieur en chef des mines.

On sait que le sondage entrepris à Douvres par la Compagnie du tunnel sous-marin, à l'instigation et sous la direction de M. Fr. Brady, Ingénieur de cette Compagnie, a atteint le terrain houiller à 1.157 pieds (352 mètres) de profondeur, et y a reconnu, jusqu'à une profondeur totale de 1.930′ (588 mètres), dix couches de charbon, dont huit mesurant plus d'un pied d'épaisseur (*). Ces couches sont presque exactement horizontales, ce qui porte M. Brady à penser qu'on se trouve là dans la région centrale du bassin. La houille dont elles sont formées renferme, d'après une analyse qu'en a fait faire M. Watteyne, Ingénieur principal des Mines de Belgique, 25 p. 100 de matières volatiles, et ressemble, par sa composition, d'une part aux charbons gras du Pas-de-Calais, d'autre part à ceux du pays de Galles. Malgré l'analogie de quelques-uns des grès rencontrés dans le sondage avec ceux de la région la plus inférieure du terrain houiller de Belgique, M. Watteyne repousse, en raison de la haute teneur de ces houilles en matières volatiles, l'idée qu'on ait affaire là à la base de la formation; de son côté M. Brady est porté à voir, dans le système traversé par le sondage de Douvres, l'équivalent de tout ou partie de la division supérieure du bassin du Somerset, c'est-à-dire des couches de Farrington et de Radstock.

Toutefois la teneur d'une houille en matières volatiles ne constituant nullement un critérium absolu pour la détermination du niveau, ces opinions ne pouvaient, jusqu'à plus ample informé, être acceptées que sous réserve; mais il était permis d'espérer que, parmi les empreintes végétales recueillies au cours du sondage, il se rencontrerait des espèces susceptibles de fournir, sur cette importante question, des indications plus précises. Ces empreintes m'ayant été envoyées en communication, grâce à l'obligeant intermédiaire de M. L. Breton, ingénieur-directeur

(*) Fr. Brady, *Dover Coal Boring*. E. Lorieux, *Le sondage de Douvres* (*Ann. des mines*, 8ᵉ livr. 1892, *suprà*, p. 227-232).

des travaux de la Compagnie du tunnel à Calais, et à la gracieuse amabilité de M. Brady, j'ai pu, en effet, reconnaître parmi elles des Fougères qui ne se montrent qu'entre des niveaux bien déterminés du terrain houiller, et qui sont par conséquent de nature à résoudre le problème ou, du moins, à en resserrer la solution entre des limites fort étroites.

Les niveaux d'où proviennent ces empreintes sont ceux de 1.894' (577 mètres) au-dessous de la surface du sol, de 1.900' (579 mètres) et de 2.038' (621 mètres), le sondage se continuant et ayant atteint actuellement, d'après ce que m'écrit M. Brady, la profondeur de 2.100' (640 mètres). J'ai reconnu les espèces suivantes :

Niveau de 1.894'. — Un fragment de penne de Fougère à pinnules dentées, à nervation se rapprochant du type odontoptéroïde, que je serais porté à ranger dans le genre *Mariopteris* et qui ressemble notamment au *Mar. sphenopteroides* Lesq. (sp.), sans que je puisse l'attribuer positivement à cette espèce : l'échantillon est, en effet, trop incomplet pour être susceptible d'une détermination précise. — *Nevropteris Scheuchzeri* Hoffm. ; représenté par de grandes pinnules détachées. — *Nevr. rarinervis* Bunb.; fragments de pennes bien caractérisés. — *Nevr. tenuifolia* Schloth. (sp.); portions de pennes. — *Lepidodendron aculeatum* Sternb. ; ramule identique à certains échantillons du bassin de Valenciennes (*). — En outre de nombreuses graines cordiformes (*Cordaicarpus*) de 5 à 6 millimètres de hauteur sur une largeur égale, très analogues au *Cord. congruens* Gr. Eury, mais à surface striée ; je serais disposé à les rapporter au *Carpolithes corculum* Sternb. (**).

Niveau de 1.900'. — *Nevropteris Scheuchzeri*. — *Nevr. rarinervis*. — *Nevr. tenuifolia*. — *Cyclopteris*, fragment. — *Calamophyllites Gœpperti* Ettingsh. (sp.); portion de tige articulée avec cicatrices foliaires bien reconnaissables. — *Lepidostrobus variabilis* Lindl. et Hutt. — *Cordaicarpus* cf. *corculum* Sternb. (sp.)

Niveau de 2.038'. — *Nevropteris Scheuchzeri*, fragment de pinnule un peu incertain. — *Nevr. rarinervis*. — *Lepidodendron lycopodioides* Sternb.; fragment de rameau assez mal conservé. — *Stigmaria ficoides* Sternb. (sp.).

Toutes ces espèces indiquent le terrain houiller, mais la plupart ne permettent pas de préciser davantage. En effet, les *Calamophyllites*, *Lepidodendron*, *Lepidostrobus*, *Stigmaria*, que je viens de citer, se rencontrent indifféremment à peu près dans toute l'épaisseur du Houiller moyen et dans une partie au moins du Houiller supérieur. Le *Nevr. tenuifolia* se montre surtout commun, dans le bassin de Valenciennes, dans la zone la plus élevée, celle des charbons gras et flénus du Pas-de-Calais; mais on l'ob-

(*) Voir notamment la figure que j'ai donnée : *Flore foss. du bassin houiller de Valenciennes*, pl. LXV, *fig*. 6.

(**) Sternberg, *Ess. Flore monde prim.*, I, pl. VII, *fig*. 6.

serve déjà, bien qu'assez rarement, à la base de la zone moyenne du même bassin; il ne saurait donc non plus servir de base à une détermination de niveau.

Il n'en est pas de même, heureusement, des *Nevr. rarinervis* et *Nevr. Scheuchzeri:* ceux-ci, en effet, n'ont été observés, en Amérique aussi bien qu'en Europe, que vers le haut du Houiller moyen ou à l'extrême base du Houiller supérieur. En France, ils abondent dans la zone supérieure du bassin de Valenciennes, et ils n'ont été rencontrés au-dessous que tout à fait au sommet de la zone moyenne, et encore sur un ou deux points seulement (*). Dans nos couches houillères supérieures, c'est-à-dire dans les bassins du centre et du midi de la France, ils n'ont été, que je sache, observés nulle part, même aux niveaux les plus inférieurs. En Angleterre, ils se montrent communs, dans le bassin du Somerset, dans les couches de Radstock et de Farrington (**), un peu plus élevées, à ce qu'il semble, que nos couches grasses et flénues du Pas-de-Calais, à en juger par la proportion sensiblement plus forte d'espèces du Houiller supérieur qu'elles renferment. De même dans le Yorkshire (***) on ne les a observés qu'au-dessus du milieu des *Middle Coal-Measures;* et dans le Staffordshire (****) les niveaux où on les rencontre, dans les *Middle* et les *Upper Coal-Measures*, correspondent soit à notre zone supérieure du Pas-de-Calais, soit à la zone un peu plus élevée de Farrington et de Radstock.

On peut donc conclure, de la présence de ces deux espèces dans le sondage de Douvres, que, comme le présumait M. Brady, les couches traversées par ce sondage appartiennent bien à la région supérieure du Houiller moyen, et, si l'on veut préciser davantage, qu'elles ne sauraient être ni plus récentes que les couches de Radstock dans le Somerset, ni plus anciennes que les couches les plus profondes de la zone supérieure, à charbons gras et flénus, du Pas-de-Calais.

(Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 24 octobre 1892.)

(*) *Flore foss. du bass. houiller de Valenciennes*, p. 685, 686.

(**) Kidston, *Fossil Flora of the Radstock series* (*Trans. Roy. Soc. Edinb.*, XXXIII, p. 406, 411).

(***) Kidston, *The Yorkshire carboniferous Flora* (*Trans. Yorksh. nat. union*, pt. 14).

(****) Kidston, *On the fossil Flora of the Staffordshire Coal-Fields* (*Trans. Roy. Soc. Edinb.*, XXXV, pt. I, n° 6; XXXVI, pt. I, n° 5.).

PRODUCTION MINÉRALE DE L'ESPAGNE EN 1890.

SUBSTANCES MINÉRALES	CONCESSIONS en activité		OUVRIERS	MACHINES à vapeur		PRODUCTION		
	Nombre	Superficie		Nombre	Force en chevaux	Poids	Valeur sur le carreau de la mine	Prix moyen
		hectares				tonnes	francs	fr. c.
Minerai de fer	292	4.638	12 076	47	861	5.788.743	28.271.021	4,88
Minerai de plomb	424	3.898	9.265	176	5.215	163.838	20.643.479	126,00
Minerai de plomb argentifère	623	2.733	8.242	237	4.742	300.374	16.786.836	55,88
Minerai de argent	12	24	283	2	48	13.815	143.707	10,40
Minerai de cuivre	263	5.796	11.923	117	4.560	2.288.625	11.809.400	5,16
Minerai de cuivre argentifère	11	198	111	4	64	5.463	377.300	69,06
Minerai de étain	15	532	272	2	110	48	43.099	90,00
Minerai de zinc	74	704	1.625	24	275	59.782	1.931.458	32,30
Minerai de mercure	18	196.437	1.423	8	190	34.028	6.607.858	[illegible]
Minerai de antimoine	11	170	225	2	22	679	101.883	[illegible]
Minerai de cobalt	3	21	48	»	»	74	11.025	[illegible]
Minerai de manganèse	10	79	134	»	»	832	13.115	[illegible]
Sel	83	1.229	459	3	16	320.896	4.343.169	[illegible]
Soufre	5	37	360	1	10	30.050	384.650	[illegible]
Houille	529	18.834	9.314	79	2.433	1.179.779	9.621.945	[illegible]
Lignite	36	1.410	584	1	8	30.303	183.257	[illegible]
Graphite	1	»	4	»	»	100	5.600	[illegible]

La production des combustibles minéraux en Espagne, pendant l'année 1891, a été la suivante :

Houille	1.286.000 tonnes
Lignite	28.147 —
Total	1.314.147 tonnes

Cette production provient principalement des provinces d'Oviédo, 700.000 tonnes; de Cordoue, 236.000; de Palencia, 130.000, et de Séville, 100.346.

Consommation des combustibles minéraux en Espagne.

	1860	1870	1880	1890
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Production de houille	320.899	621 832	825.790	1.179.779
— de lignite	18.952	40.095	21.338	30.303
Importation de houille et de coke (*)	452.479	566.911	881.860	2.110.310
Consommation totale	792.330	1.228.838	1.728.988	3.320.392

(*) Les quantités de coke ont été tranformées en houille, dans la proportion de 70 de coke pour 100 de houille.

(Extrait de la *Revista minera metalurgica, y de ingenieria.*)

LE GRISOU AUX MINES D'ANZIN

1810-1892

Par M. A. FRANÇOIS, Ingénieur en chef des mines d'Anzin.

(Suite et fin) (*).

DEUXIÈME PARTIE.

§ 4. — PÉRIODE 1852-1874.

Historique de la ventilation mécanique jusqu'en 1852. — Au moment où la Compagnie d'Anzin, en installant un ventilateur Fabry à la fosse Bayard, accomplissait l'innovation la plus importante qu'elle eût admise depuis l'introduction de la lampe Davy, la ventilation mécanique avait fait son apparition en Belgique, et la lutte entre le ventilateur et le foyer était commencée depuis quelque temps chez nos voisins. Aussi nous a-t-il paru intéressant, avant d'entrer dans le détail des événements qui ont marqué cette lutte à Anzin, de rechercher l'origine première de la ventilation mécanique dans les mines et de suivre les évolutions successives par lesquelles a passé cette invention salutaire avant d'être admise par nos devanciers.

Les foyers d'aérage datent pour ainsi dire du début même de l'exploitation des mines : les ventilateurs mé-

(*) Voir *suprà*, p. 233-284.

caniques sont au contraire d'une origine relativement récente.

La science de la ventilation est même restée jusqu'à ces dernières années fort obscure. Malgré la formule de Combes, il était très difficile d'évaluer les résistances qu'éprouve l'air à circuler dans les galeries de mine. Il manquait un point de repère, une unité de mesure permettant de comparer entre elles les différentes mines au point de vue de la résistance.

Ce n'est que vers 1873 que furent introduits dans le problème de l'aérage différents éléments : longueurs équivalentes (Devillez), tempérament (Guibal), apportant une certaine clarté dans ces questions délicates.

En même temps (1873), M. Murgue assimilait, au point de vue de la résistance, chaque mine à un orifice en mince paroi. Cette notion, très importante, de l'orifice équivalent, simplifiait énormément le problème, et l'art de ventiler les mines devait faire, dès ce moment, de rapides progrès.

Si les belles études d'ingénieurs éminents comme MM. Ser et Rateau ont dernièrement jeté une lumière complète sur la théorie des ventilateurs, c'est à la Commission du Gard (*) que revient l'honneur d'avoir apporté la première une clarté remarquable dans une question qui, jusqu'à cette époque, était restée fort obscure.

De 1807 à 1810, Buddle, ingénieur anglais, avait fait un grand nombre d'expériences dans le but de substituer d'autres appareils aux foyers d'aérage : il avait installé une machine à piston à l'orifice de l'un des puits de la mine de Haton, près de Newcastle. La surface de ce piston était de $2^{m^2},32$, sa course de $2^{m},44$ et la machine effectuait vingt excursions par minute. Cet appareil don-

(*) Cette Commission était composée de MM. Aguillon, Murgue et Fumat.

nait à peine 2^{m3} par seconde, aussi fut-il abandonné sans qu'on pensât à pousser l'expérience plus loin.

En 1828 à la fosse Saint-Louis et en 1830 à la fosse Sainte-Victoire de la concession de Griseuil, dans le district de Mons, furent installées deux machines à pistons. Elles consistaient en deux caisses prismatiques en bois dans lesquelles se mouvaient des pistons à section carrée de $2^m,40$ de côté ; la course de ces pistons était de $1^m,60$; ils faisaient vingt excursions à la minute et aspiraient de 2 à 3 mètres cubes d'air à la seconde.

En 1836, une machine colossale fut installée aux charbonnages de l'Espérance à Seraing (près de Liège); deux pistons, de $3^m,54$ de diamètre et de $2^m,05$ de course, oscillaient dans des cuves cylindriques dont le fond était percé de vingt grandes ouvertures recouvertes d'autant de clapets ; ces pistons étaient pourvus d'un nombre égal d'ouvertures. Cette machine faisait quatorze courses complètes à la minute, elle déterminait un appel d'air de 8 mètres cubes à la seconde et une dépression de 75 millimètres d'eau.

Vers la même époque fonctionnait à la fosse Sacré-Madame, près de Charleroi, et à la fosse Saint-Léonard, au Monceau-Fontaine (district de Charleroi), des machines un peu moins puissantes que la précédente, aspirant des volumes de 4 à 5 mètres cubes à la seconde.

Combes avait étudié en détail ces diverses machines et fait de nombreuses expériences sur leur rendement et leur consommation de combustible. « Le rapport du travail utile au travail moteur, disait-il, est de 1 à 3 pour la machine de Seraing, de 1 à 4 pour celle de Sacré-Madame et de 1 à 5 seulement pour celle de Monceau-Fontaine. Un déchet aussi énorme ne doit pas être attribué à une mauvaise construction des machines, elles sont au contraire bien établies ; il est inhérent au système des machines à pistons, qui est radicalement vicieux pour le

Des ventilateurs Letoret furent également installés au puits Sainte-Suzanne de la mine de Bayemont, près de Charleroi, et au puits de la Grande-Veine-du-Bois-d'Épinois à Élouges (Couchant de Mons).

« Le ventilateur à force centrifuge, disait Combes à ce sujet, permet de déplacer de grandes masses d'air en les comprimant fort peu ; mais il a l'inconvénient d'imprimer à l'air une grande vitesse tout à fait inutile; d'ailleurs, l'air à son entrée est frappé par les ailes, ce qui donne lieu à une résistance considérable. Un ventilateur à ailes courbes pourrait échapper à ces inconvénients et réunir toutes les conditions voulues pour une machine d'aérage ».

Partant de ce principe, Combes entreprit la construction de son ventilateur à ailes courbes, qui devait réaliser la double condition de l'entrée sans choc et de la sortie sans vitesse. Il fut employé pour la première fois au puits n° 5 du Grand-Hornu, en 1840.

C'était un ventilateur à axe vertical, composé de trois ailes en tôle courbées cylindriquement, comprises entre un disque horizontal et une couronne annulaire évidée à l'intérieur par laquelle arrivait l'air. Les ailes formaient un angle de 6° avec la circonférence intérieure et étaient tangentes à la circonférence extérieure. Les diamètres de ces deux circonférences étaient de $1^m,35$ et de $1^m,70$. Avec une marche de 700 tours, Combes comptait obtenir un appel d'air de 10 mètres cubes, chiffre qui lui paraissait énorme. Aussi construisit-il d'autres appareils de $1^m,20$ de diamètre, devant débiter 5 mètres cubes, qu'il destinait aux mines de la Belgique et du Nord de la France.

Malheureusement son but ne fut pas atteint, la vitesse de l'air à la sortie, loin d'être nulle, atteignait 25 et 30 mètres pour des dépressions de 30 à 35 millimètres d'eau ; son appareil du Grand-Hornu, au lieu de débiter 10 mètres cubes, en débita 5 ou 6, et son rendement, au

lieu d'atteindre 60 p. 100, comme il l'avait espéré, ne dépassa pas 25 p. 100.

En 1842, la Compagnie de Marihaye construisit une machine pneumatique à cloches plongeantes, « formée de deux cloches de $3^m,65$ de diamètre et de $2^m,60$ de hauteur, se mouvant librement dans une masse d'eau contenue à l'intérieur de cuves annulaires formées par des cylindres concentriques de $3^m,50$ et de $3^m,80$ de diamètre. Ces cloches et les cylindres intérieurs des cuves étaient recouverts à leur partie supérieure de diaphragmes en tôle percés de seize ouvertures munies de clapets équilibrés par des contrepoids. » Cette machine aspirait $5^{m^3}1/2$ à la seconde, elle était mue par une machine à vapeur de 12 chevaux, son rendement était de 0,48, chiffre plus élevé que tous ceux atteints jusqu'alors.

En 1843, Pasquet construisit pour la houillère du Poirier à Montigny-sur-Sambre, près de Charleroi, un ventilateur qui présentait une grande analogie avec la vis Motte, mais qui avait sur elle certains avantages au point de vue de l'écoulement de l'air et de sa circulation dans l'appareil.

Peu de temps après, paraissait le ventilateur à ailes de moulin à vent de Lesoinne, qui fut employé aux mines du Grand-Bac et de Val-Benoît, près de Liège ; il y donnait un débit de 7 à 8 mètres cubes avec des dépressions très faibles de 5 à 10 millimètres. Son effet utile, analogue à celui du ventilateur Pasquet, ne dépassait pas 25 p. 100.

Enfin en 1845 le ventilateur Fabry, et en 1852 le ventilateur Lemielle, vinrent remplacer ces divers appareils, qui furent en somme très peu employés, mais qui n'en marquent pas moins les étapes successives de la ventilation mécanique.

Pendant que ces divers essais se poursuivaient en Belgique et aboutissaient à l'invention d'appareils déjà moins imparfaits, la Compagnie d'Anzin était restée en dehors

de ces recherches et de ces expériences ; elle avait préféré concentrer tous ses efforts en vue d'obtenir le maximum de rendement du seul moyen de ventilation alors reconnu pratique et d'introduire dans les conditions d'aménagement de ses foyers d'aérage tous les perfectionnements dont ils fussent susceptibles. Elle y avait pleinement réussi et les « Foyers d'Anzin » avaient acquis sur tous les appareils de ventilation alors en usage une supériorité marquée et reconnue de tous.

Combes, la plus grande autorité de l'époque, en donnait une description détaillée :

« Dans les mines de houille du Nord de la France exploitées par la Compagnie d'Anzin, disait-il, la combustion du foyer d'aérage, disposé latéralement au puits de sortie de l'air, n'est jamais alimentée par de l'air qui ait circulé dans des excavations où se dégage de l'hydrogène carboné. L'air qui passe sur ce foyer descend le plus souvent du jour par une série de petits puits creusés à côté du grand puits vertical qui sert à l'extraction de la houille en même temps qu'à la sortie de l'air. Ces petits puits, appelés beurtias, contiennent les échelles par lesquelles montent et descendent les ouvriers, auxquels il est expressément défendu de se placer dans les bennes ou cuffats élevés par les machines d'extraction. Le pied du beurtia, qui se trouve au niveau de l'emplacement du foyer, est mis en communication avec cet emplacement par un bout de galerie par lequel arrive l'air descendant du jour et qui n'a circulé dans aucune galerie souterraine. La quantité d'air est réglée par deux portes, dans lesquelles on ménage des ouvertures suffisantes, et qui doivent toujours être très petites. Les beurtias aux échelles ne sont d'ailleurs indépendants du puits principal que dans le terrain houiller. Sur toute la hauteur des terrains crétacés, les beurtias sont remplacés par un compartiment isolé du puits principal par une cloison en planches

construite avec soin et dans lequel sont placées les échelles de la descenderie. Ce compartiment porte le nom de goyau ou royon. Il se termine à la profondeur où l'on rencontre le terrain houiller. Lorsqu'il existe des galeries aboutissant au puits de sortie d'air dans lesquelles il n'existe aucun dégagement d'hydrogène carboné, on se sert aussi à Anzin, pour alimenter la combustion, de tout ou partie de l'air qui a circulé dans ces galeries ».

Combes énumérait ensuite les divers dangers présentés par la ventilation par foyers et les déclarait en quelque sorte annulés par les excellentes dispositions employées à Anzin.

« Finalement, concluait-il, je regarderais la prohibition des foyers d'aérage dans les mines à grisou comme intempestive et même dangereuse ».

Cette conclusion terminera bien des discussions dans la nouvelle période que nous allons étudier. Elle explique l'introduction tardive de la ventilation mécanique à Anzin et l'opposition, à première vue singulière, qu'elle allait rencontrer, opposition que ni les Fabry ni les Lemielle ne devaient parvenir à vaincre et que le Guibal seul était appelé à surmonter quand une expérience de plus de quinze années aurait fait donner à cet appareil des dimensions mieux en rapport avec les volumes d'air considérables que le développement de l'extraction allait exiger.

Nous allons maintenant reprendre l'historique des accidents de grisou à l'époque où nous l'avons laissé, c'est-à-dire en 1852.

Fosse de la Régie, 13 *août* 1854 (Quatre tués, deux blessés). — Un accident grave marque le début de cette nouvelle période. Le 13 août 1854, une explosion de grisou éclata à la fosse de la Régie et causa la mort de quatre ouvriers.

Cette fosse, qui appartenait à la division de Saint-Vaast, ne s'était signalée jusqu'alors que par quelques inflammations de gaz sans aucune conséquence. L'explosion se produisit dans la veine Taffin, au niveau de 308 mètres.

Quatre ouvriers, occupés à élargir la partie supérieure d'une cheminée de retour d'air, étaient revenus sur un coup de mine raté la veille ; ils avaient foré un nouveau trou de mine à 30 centimètres du premier, avaient mis le feu à la charge après avoir pris toutes les précautions nécessaires et s'étaient réfugiés à 17 mètres de la mine dans une taille où se trouvaient deux de leurs camarades. Le coup de mine enflamma une certaine quantité de gaz amassée dans le niveau supérieur qui servait de retour d'air aux exploitations de ce quartier. La flamme, se dirigeant en sens inverse du courant d'air, descendit tout le long de la cheminée et pénétra dans la taille où s'étaient réfugiés les mineurs. Les six malheureux furent très grièvement brûlés et deux seulement survécurent à leurs blessures. L'explosion d'ailleurs arrêta là ses ravages et les ouvriers des autres tailles ne furent pas atteints.

Le courant d'air, quoique bien aménagé, n'avait pas l'intensité nécessaire pour neutraliser suffisamment la présence du gaz ; le coup de mine en éclatant avait mis à découvert la charge qui avait raté la veille, et cette charge s'enflammant à l'air libre, au milieu d'une atmosphère grisouteuse, avait déterminé l'explosion.

Ainsi fut expliqué, d'une manière très plausible, ce funeste événement qui mit de nouveau en relief les dangers de la poudre noire.

Installation d'un ventilateur Lemielle au Verger. — A la suite de cet accident, les exploitants firent un nouveau pas dans le sens de la ventilation mécanique. Un ventilateur Lemielle fut installé en 1855 à la fosse du Verger, pour aérer les travaux du Chaufour ; cet appareil parut

donner dès le début d'excellents résultats, car on se proposa immédiatement de lui envoyer également une partie de l'air des travaux de la fosse Saint-Louis, dans le but de soulager un peu le foyer installé à la fosse du Moulin qui desservait alors les fosses Saint-Louis, Bleuse-Borne, la Cave et le Moulin.

Fosse du Moulin, 26 *juin* 1856 (Deux tués).— Un triste accident survint l'année suivante à cette dernière fosse. Le 26 juin 1856, deux ouvriers furent tués dans la veine Georges couchant, au niveau de 308 mètres.

Ces deux ouvriers étaient descendus le matin pour faire le mur de leur voie; deux heures après la descente, le surveillant-lampiste en faisant sa tournée entendit une explosion. Il courut aussitôt vers leur taille où il les trouva tous deux morts, asphyxiés et brûlés, à 15 mètres environ des fronts. Les malheureux étaient couchés la face sur le sol et la tête entourée des bras.

La veine Georges était peu grisouteuse et la proportion de gaz était toujours très faible dans cette exploitation. Ce n'est d'ailleurs pas la première fois que nous voyons le grisou révéler brusquement sa présence dans une exploitation par une catastrophe imprévue, tant il est vrai qu'une fausse sécurité ménage souvent plus de malheurs qu'une situation nettement périlleuse.

On se perdit en conjectures sur la cause de cet accident; le tirage des mines ne semblait pas pouvoir être invoqué cette fois pour l'expliquer et, en l'absence de preuves certaines, on préféra ne pas en rejeter la responsabilité sur la lampe Davy, qui en fut pourtant très probablement la cause.

L'insuffisance de la sécurité présentée par la lampe Davy s'était cependant déjà affirmée; nous avons vu cette constatation causer une émotion pénible en 1824, au lendemain de l'introduction à Anzin de la merveilleuse

invention de Davy; plus tard, vers 1830, ces craintes, que l'on osait à peine formuler à haute voix, car on ne connaissait pas de remède au mal, avaient amené l'essai de la lampe à double tissu, bien vite abandonnée à cause du peu de clarté qu'elle donnait.

Depuis lors les travaux s'étaient développés beaucoup et avec eux l'intensité des dégagements grisouteux, et le mineur était resté exposé à ces dangers toujours croissants avec la lampe primitive de 1823.

Et pourtant, à cette époque, la lampe Mueseler, dont la sécurité était très grande, commençait à se répandre en Belgique depuis un certain nombre d'années.

Historique de la lampe Mueseler. — La lampe Mueseler avait été inventée à Liège en 1841, par un jeune sous-ingénieur des mines qui lui avait donné son nom; mise à l'essai au charbonnage de l'Espérance, elle avait, cette année même, évité un accident redoutable. Un dégagement instantané de grisou avait envahi tout un quartier d'exploitation où la lampe Mueseler était à l'épreuve; immédiatement toutes les lampes s'éteignirent, et les ouvriers purent gagner sans danger l'accrochage. Cet événement avait attiré l'attention sur la nouvelle lampe; de nouveaux essais avaient été tentés dans un grand nombre de charbonnages belges, et le Gouvernement français avait résolu de faire faire également à ce sujet des expériences pour lesquelles la Compagnie d'Anzin avait immédiatement offert ses chantiers.

L'ingénieur en chef de l'arrondissement de Douai avait fait ces expériences dans le courant de l'année 1842, dans les fosses Pauline et du Chaufour, ainsi qu'au laboratoire de la ville de Valenciennes. Il avait reconnu à la lampe Mueseler l'avantage sur la lampe Davy d'une sécurité plus grande et d'un pouvoir éclairant plus élevé, mais il lui avait aussi reproché quelques inconvénients tels

que son poids assez considérable, la circonscription trop bornée de l'espace éclairé, les fréquentes ruptures du verre, l'impossibité d'incliner la lampe sans l'éteindre (*).

Sa conclusion avait été que la lampe Davy, à laquelle les ouvriers étaient habitués, pouvait, dans les conditions où se trouvaient les travaux, être considérée comme suffisante, et son emploi conservé ; mais il conseilla à la Compagnie de mettre entre les mains de quelques-uns de ses porions des lampes Mueseler dont on essaierait de diminuer le poids et d'augmenter encore le pouvoir éclairant, et qui pourraient être d'une réelle utilité dans les quartiers d'exploitation particulièrement dangereux, ou pour rentrer dans une exploitation abandonnée à la suite d'un violent dégagement de gaz.

La Compagnie pensa que c'était un mauvais moyen de vulgariser une nouvelle lampe de sûreté que de la confier aux chefs dont les fonctions, essentiellement différentes de celles du mineur, pouvaient très bien s'accommoder d'une lampe nullement pratique pour celui-ci. Elle objecta d'autre part qu'une lampe de sûreté, appelée à fonctionner seulement dans des cas exceptionnellement dangereux, ne serait d'aucune utilité, que les ouvriers ne l'auraient pas sous la main au moment voulu ou qu'en tout cas ils en ignoreraient le maniement.

Bref, la Compagnie suspendit toute application de la lampe Mueseler et dirigea ses essais vers la lampe Dubrulle.

Essais de la lampe Dubrulle. — Cette lampe, inventée en 1847, devait présenter un double avantage : elle était

(*) La lampe Mueseler coûtait 8 francs; elle pesait $1^{kg},263$ et recevait en outre 63 grammes d'huile; la lampe Davy coûtait $4^{f},50$, pesait (réservoir vide) 635 grammes et contenait 116 grammes d'huile.

munie d'un mécanisme de fermeture, que l'on disait ingénieux, par le moyen duquel il devait être impossible de l'ouvrir sans l'éteindre; on avait introduit, entre le réservoir et le tissu, un cylindre en verre qui devait la rendre plus lumineuse et plus sûre.

L'ingénieur en chef des mines avait fait sur cette lampe, dans les exploitations de Grosse-Fosse et d'Ernest, des expériences à la suite desquelles il avait conclu à l'admission de ce nouvel appareil dans les travaux grisouteux; le seul reproche qu'il lui adressât était l'obstruction assez rapide du verre par les poussières et la fumée.

Un premier essai pratique avait été fait à la fosse Bleuse-Borne au mois de juin 1855; vingt lampes avaient été mises entre les mains des ouvriers, qui les avaient déclarées supérieures aux lampes Davy; leur clarté était supérieure de 1/4 et même de 1/3. Immédiatement l'essai avait été étendu à toute la fosse et couronné d'un succès tel, que les ouvriers qui quittaient Bleuse-Borne pour une autre fosse de la Compagnie, ne pouvaient plus se servir de la lampe Davy. Dans le courant de l'année 1856, le Chaufour et quelques autres fosses avaient été également munies de lampes Dubrulle.

Ce n'était malheureusement là qu'un engouement qui ne devait pas tarder à disparaître, comme nous le verrons plus loin, quand une série d'accidents aurait montré les inconvénients de cette nouvelle lampe.

Expériences de contrôle de l'aérage à l'anémomètre et à la poudre. — Une autre innovation bien plus heureuse fut faite dans le courant de cette même année 1856; on résolut de se rendre compte, par des expériences mensuelles, de l'importance des volumes d'air qui passaient dans les travaux. C'est ainsi que l'anémomètre Combes fit sa première apparition dans les exploitations de la Compagnie; son usage d'ailleurs était très restreint et

les expériences d'aérage se faisaient en général à l'aide de la poudre ou de l'éther.

L'éther n'était employé que dans les travaux très grisouteux, à cause du danger qu'aurait présenté l'inflammation de la poudre.

Voici comment on opérait :

Deux agents se tenaient à une distance exactement mesurée (généralement 10 ou 20 mètres) ; l'un, placé en amont du courant, portait une petite fiole d'éther ; l'autre, placé en aval, portait un chronomètre. A un moment donné, l'agent portant l'éther débouchait la fiole et laissait tomber quelques gouttes du liquide, en même temps il poussait un cri convenu pour prévenir son collègue. Celui-ci mettait alors son chronomètre en marche et l'arrêtait au moment où l'odeur de l'éther lui arrivait. Le laps de temps mesuré donnait la vitesse du courant d'air.

L'expérience à la poudre se faisait de la même façon : l'opérateur qui se trouvait en amont écrasait quelques grains de poudre noire sur un caillou. A un moment donné, il enflammait cette poudre au moyen d'un morceau d'amadou rougi à la lampe et placé à l'extrémité d'un bâton. L'opérateur d'aval mettait son chronomètre en marche au moment où il apercevait la flamme et il l'arrêtait au moment où la fumée, poussée par le courant d'air, arrivait à lui. On appliquait cette méthode aussi bien dans les retours que dans les entrées d'air ; aussi avait-on soin de bien explorer la galerie à l'endroit où l'on devait enflammer la poudre.

Installation de nouveaux foyers. — On apporta également à cette époque des améliorations sérieuses dans l'aménagement des foyers d'aérage ; « il fut construit à Réussite un grand foyer avec grille de 4 mètres carrés de surface, où l'on pouvait brûler du charbon tout-venant provenant de la même fosse. Ce foyer était disposé de

manière que le courant d'air arrivât par le dessous et sur le côté de la grille, et donnait des résultats qui n'avaient encore été atteints par aucun ventilateur » (*).

Jusqu'alors, on avait alimenté les foyers avec du gros charbon venant des fosses maigres et on n'avait jamais atteint des dimensions aussi élévées pour la grille.

On hésitait à se prononcer entre les ventilateurs et les nouveaux foyers; on attendait de ceux-ci les meilleurs résultats, tandis que l'on adressait quelques reproches au ventilateur du Verger :

« On souffre beaucoup de l'aérage au Chaufour, disait un rapport hebdomadaire, depuis les grandes chaleurs; cependant les communications sont assez grandes pour faire passer six fois l'air dont on a besoin. Cette gêne vient du ventilateur, qui n'aspire pas assez pour le moment. et l'on est obligé de suspendre certains travaux à cause du manque d'air, et ces travaux se remplissent de grisou ».

Le ventilateur n'était pas parvenu, on le voit, à rallier toutes les adhésions dès son apparition. Faut-il s'en étonner? Sans doute ces hésitations paraissent surprenantes aujourd'hui quand on compare nos puissants ventilateurs aux foyers d'aérage, mais la ventilation mécanique était encore absolument dans son enfance, les appareils employés étaient des Fabry ou des Lemielle probablement très imparfaits et certainement très faibles, tandis que les foyers avaient atteint les derniers perfectionnements dont ils fussent susceptibles.

Fosse Réussite, 12 *mars* 1859 (Un tué). — Le 12 mars 1859, la fosse Réussite fut le théâtre d'un accident qui coûta la vie à un ouvrier, mais dont la cause ne put être attribuée qu'à l'imprudence de la victime.

(*) Extrait d'un rapport hebdomadaire.

Deux ouvriers travaillaient dans une taille montante de la veine Voisine-Carachaux, en vue d'établir une communication directe entre les fosses Réussite et Tinchon ; la taille suivait d'anciens travaux d'où s'échappait parfois du grisou.

En arrivant à leur taille, le jour de l'accident, les ouvriers la trouvèrent envahie par le grisou; ils visitèrent le courant d'air sans rien y trouver d'anormal; voyant que le courant d'air ne parvenait pas à chasser le gaz, l'un d'eux s'apprêtait à aller chercher le surveillant-lampiste, lorsque son camarade voulut monter dans la taille, en laissant toutefois sa lampe en bas. Arrivé à 4 mètres de hauteur, il tomba sans mouvement et sans pouvoir pousser un cri. Son compagnon, homme prudent à l'excès, le prit par la jambe et tenta par deux fois de l'attirer à lui; mais le malheureux était tombé à califourchon sur un bois; pour le sauver, il eût fallu s'avancer un peu dans la taille. Sans se rendre compte de cette situation, affolé d'avoir eu tant d'audace, l'ouvrier prit la fuite. Quelques minutes après, le surveillant-lampiste arrivait sur les lieux et retirait, sans aucune difficulté, le cadavre du malheureux qui avait payé de sa vie son imprudence et l'abandon de son camarade.

Dans la généreuse population de Saint-Vaast, la conduite de celui-ci fut considérée comme un crime; les mineurs refusèrent de travailler à côté de cet homme, qui fut obligé de quitter la mine.

Cependant l'exploitation se développait très activement dans toutes les fosses de la Compagnie; depuis le début de la période que nous étudions en ce moment, l'extraction annuelle était montée de 720.000 à 920.000 tonnes et le danger croissait en même temps ; les dégagements de grisou augmentaient de violence en même temps que le personnel occupé dans les travaux devenait plus nombreux; toutes les questions d'aérage et de sécurité en

général prenaient chaque jour une importance plus capitale; et, pendant que la situation s'aggravait ainsi, les exploitants, impuissants à y porter remède, étaient condamnés à rester dans le *statu quo* en présence de l'ennemi qui gagnait sans cesse du terrain.

Aussi les tristes accidents survenus à la Régie, au Moulin, à la Réussite, ne devaient-ils être malheureusement que le prélude d'une longue série de malheurs; des catastrophes terribles allaient se succéder avec une rapidité effrayante et les divisions de Denain, de Saint-Vaast et d'Anzin allaient être plongées dans la terreur et dans le deuil par une suite ininterrompue d'explosions où, en quelques années, plus de cinquante mineurs devaient trouver la mort.

Fosse Mathilde, 17 *février* 1860 (Sept blessés). — Une explosion à la fosse Mathilde signale le début de l'année 1860.

Le 17 février 1860, les ouvriers venaient de terminer leur journée et se rendaient à l'accrochage, quand une explosion de grisou se produisit dans la bowette, brûlant ou renversant un grand nombre d'ouvriers, parmi lesquels sept furent gravement atteints.

La violence de l'explosion renversa les portes d'aérage de la bowette et des voies de fond avoisinantes; après l'accident, on trouva les parois et les bois des galeries recouverts de dépôts charbonneux; la flamme de l'explosion pénétra dans une écurie voisine de la bowette, y mit le feu à la paille et provoqua un incendie où trois chevaux périrent.

La fosse Mathilde était aérée par le ventilateur Fabry placé à Bayard; cet événement n'était pas fait pour augmenter la confiance inspirée par la ventilation mécanique; on reprocha au ventilateur de Bayard d'être trop faible, ce qui n'était probablement que trop vrai.

Fosse Bleuse-Borne, 30 *septembre* 1860 (Un tué). — Quelques mois après cet accident, une explosion due à l'emploi de la poudre se produisit à la fosse Bleuse-Borne.

Deux mineurs et deux herscheurs poussaient en ferme la voie de fond de la veine Chérie levant; ils venaient de battre une mine et les ouvriers, avant d'y mettre le feu, avaient pris la précaution d'envoyer les herscheurs vérifier la fermeture d'une double porte placée à l'entrée de la voie pour envoyer l'air à front par une buse d'aérage. Ceux-ci leur crièrent dans les buses de mettre le feu à la mine; les ouvriers obéirent et se retirèrent vers l'accrochage; ils étaient à 10 mètres environ de l'accrochage et à 230 mètres de la mine quand celle-ci éclata provoquant une explosion de grisou.

L'un deux fut projeté en avant, par la violence du choc, à une distance de 12 mètres; son corps, lancé à travers les deux portes d'aérages, les défonça et alla tomber aux pieds du mesureur. On retrouva sa barrette dans le puits, sur un bois de guide, à $4^m,50$ au-dessus du niveau de l'accrochage. Son compagnon, qui le suivait et qui aurait dû être la première victime, fut miraculeusement préservé par une berline de terre qui se trouvait derrière lui; il se retrouva simplement contusionné au fond d'une berline vide. Les deux herscheurs furent renversés, mais se relevèrent sains et saufs.

Telle fut la violence de cette explosion que des ouvriers qui travaillaient à la Dure-Veine levant, au niveau supérieur, à 1.017 mètres du puits, ressentirent une forte commotion qui leur fit prendre la fuite.

Les buses d'aérage furent bouleversées, aplaties, déchirées, et l'acide carbonique rendit inaccessible le quartier où s'était produite l'explosion.

Fosse Ernestine, 15 *décembre* 1860 (Un tué). —

L'année 1860 fut encore marquée par un nouvel accident. Le 15 décembre, un maître-mineur fut tué à la fosse Ernestine de la division de Denain.

On y remblayait une remontée par laquelle passait le courant d'air ; la partie supérieure était déjà remblayée, mais on avait réservé, entre le toit et les remblais, un passage suffisant pour un homme. Le maître-mineur s'était engagé dans ce passage, suivi d'un ouvrier qui l'accompagnait dans sa tournée, et il était presque arrivé à l'extrémité des remblais quand une explosion de grisou se produisit.

L'explosion ne fut pas bien violente, le maître-mineur fut brûlé assez légèrement, mais il ne put se dégager et il fut asphyxié dans la remontée même. L'ouvrier qui le suivait ne reçut que quelques brûlures légères.

La fosse Ernestine, comme la fosse Mathilde, était aérée par le ventilateur de Bayard. Le courant d'air, chargé du gaz emmagasiné dans les remblais, avait dans la remontée une vitesse assez considérable en raison des dimensions restreintes de cette communication ; le maitre-mineur, par sa présence, en restreignait encore la section dans des proportions telles que la vitesse du courant fit sortir la flamme du tissu de la lampe Davy qu'il portait.

Cet accident donnait une nouvelle preuve du peu de sécurité présentée par la lampe Davy dans les courants animés de vitesses considérables.

Procès de la lampe Dubrulle. — En même temps que les inconvénients de la lampe Davy s'affirmaient de plus en plus, les exploitants éprouvaient une nouvelle désillusion en découvrant de graves dangers dans l'emploi de la lampe Dubrulle.

Nous avons raconté l'excellent accueil que les ouvriers avaient fait à cette lampe quelques années auparavant. Son principal avantage, au point de vue de la sécurité,

était le mécanisme de fermeture, bien connu d'ailleurs, qui ne devait pas permettre de l'ouvrir sans l'éteindre, grâce à une liaison entre le porte-mèche et la tige de fermeture.

Malheureusement les ouvriers avaient eu vite raison de ce système : en introduisant entre les mailles du tissu une aiguille à travers la mèche, ils l'empêchaient de s'abaisser avec le porte-mèche et ouvraient leur lampe sans la moindre difficulté; ou bien ils faisaient un petit trou au-dessus du logement de la tige et, en exerçant une légère pression, ils abaissaient le ressort et dégageaient la partie supérieure de la lampe, sans toucher à la vis du porte-mèche.

La facilité avec laquelle ils exécutaient ces petites manœuvres avait été probablement pour beaucoup dans l'accueil qu'ils avaient fait à la lampe Dubrulle.

Dans ces conditions, la lampe Dubrulle n'était plus une lampe de sûreté.

Dès le début de 1861, elle provoqua une inflammation de grisou à la fosse Saint-Louis, dans un montage de Georges levant; un ouvrier fut brûlé au visage et aux mains : « L'air y était parfaitement bien mis, dit le rapport de cet accident, mais cet ouvrier avait une lampe Dubrulle. » Ce devait être là un argument bien puissant, car le rapport n'ajoute pas un mot de plus.

Peu de temps après, un ouvrier était grièvement brûlé au Chaufour, dans Grande-Veine du Midi et cet accident inspirait au vérificateur les réflexions suivantes :

« Le porion et le maître-mineur venaient de passer près de cet ouvrier, ils avaient trouvé les travaux en bon état et parfaitement aérés; aussi ne peut-on attribuer cette inflammation qu'à un dégagement spontané du grisou, chose qui a souvent lieu par les chaleurs et particulièrement lorsque le temps est orageux. Nous profiterons de cette occasion pour signaler à l'administration qu'il y a

danger à se servir des lampes Dubrulle telles qu'elles sont aujourd'hui. Elles sont tellement détraquées qu'autant vaudrait se servir de lampes à feu libre; au moins on ne s'y fierait point. Il existe, entre le chapeau et le dessous de ce système de lampes, une ouverture d'un millimètre et même plus. Cette ouverture est plus que suffisante pour laisser passage à la flamme du gaz qui se met dans le tissu, ce qui met le grisou qui se trouve dans la taille en communication avec le feu de la lampe. »

Enfin, à la fin de l'année 1861, un triste accident vint clore le procès de la lampe Dubrulle et en amener la proscription définitive.

Fosse Villars, 30 *octobre* 1861 (Un tué, un blessé). — Le 30 octobre, un jeune releveur fut tué dans la veine Lebret levant, à la fosse Villars; une explosion de grisou se produisit sur la cinquième voie, le brûla et l'asphyxia, en même temps qu'elle atteignit légèrement un ouvrier qui se trouvait 30 mètres plus bas sur la troisième voie.

La lampe du jeune ouvrier fut retrouvée à côté de lui, ouverte, et les montants séparés du réservoir. Cette lampe était du système Dubrulle, et le malheureux imprudent avait employé, pour pouvoir l'ouvrir à sa guise, un artifice qui d'ailleurs était très en honneur à cette époque: il avait mis un bouchon d'étoupes dans le trou disposé à la naissance des montants pour recevoir la petite tige qui devait assurer la fermeture; de cette manière la tige butait contre le tampon d'étoupes sans pénétrer dans son logement, l'action du ressort était paralysée et la lampe pouvait être ouverte à chaque instant.

Suppression de la lampe Dubrulle. — A la suite de cet accident, les lampes Dubrulle furent proscrites des travaux de la Compagnie et on revint d'une façon complète à l'emploi de la lampe Davy, dont la sécurité d'ailleurs devait encore être bien souvent mise en défaut.

Progrès de la ventilation mécanique. — Désespérant de porter remède aux dangers de l'éclairage et du tirage des mines, les exploitants continuèrent à porter tous leurs efforts sur la ventilation.

Les deux ventilateurs, qui avaient été installés à Bayard en 1852 et au Verger en 1855, étaient, nous le savons, de faibles dimensions; le premier avait été affecté aux fosses Ernestine et Mathilde, le deuxième au Chaufour et à une partie de Saint-Louis, comme nous avons d'ailleurs eu déjà l'occasion de le dire; c'était plus que n'en pouvaient faire ces appareils peu perfectionnés et leur insuffisance s'était aggravée chaque année des développements sensibles de l'extraction.

En 1861, les deux fosses Ernestine et Mathilde furent abandonnées et le ventilateur de Bayard affecté aux travaux de Turenne. Le ventilateur Guibal avait fait son apparition en Belgique et avait affirmé nettement sa supériorité incontestable sur tous les appareils connus à ce jour. La Compagnie décida le remplacement du ventilateur Lemielle, du Verger, par un ventilateur Guibal de 5 mètres de diamètre, capable de fournir 14 mètres cubes à la seconde, et trois autres ventilateurs Guibal furent installés aux fosses Thiers, Jean-Bart et Grosse-Fosse.

Il y avait là un progrès sensible, mais le détail suivant va nous prouver combien toutes les questions qui concernaient le rôle des ventilateurs étaient obscures à cette époque. La fosse du Verger se trouvait près de l'endroit où sont encore situés aujourd'hui les ateliers de Quillacq. Ces ateliers, en 1863, n'avaient pas de machine à vapeur, c'était la machine du ventilateur du Verger qui les commandait. Cette situation constituait pour le ventilateur une véritable servitude dont un rapport de l'époque appréciait justement les conséquences : « La courroie de l'arbre de transmission de l'atelier de Quillacq occa-

sionne souvent des arrêts du ventilateur et toujours dans les moments les plus chauds de la journée, pendant qu'on fait l'abatage de la veine. Il faudrait, au contraire, marcher régulièrement avec une vitesse plutôt grande que modérée pour entraîner les gaz qui se développent quand on entaille la veine. »

On a de la peine à se figurer aujourd'hui que de semblables dispositions pussent être admises et l'on comprend aisément que le foyer ralliât bien des suffrages.

Détails sur les ventilateurs existants en 1862. — Il ne serait peut-être pas sans intérêt de donner ici quelques détails sur les dimensions, la puissance, les dispositions principales de ces premiers ventilateurs de la Compagnie.

Sauf le ventilateur de Thiers, ces appareils étaient mus par des machines à balancier et à condensation avec transmission par courroie de l'arbre de la machine à l'arbre du ventilateur. Au moment de leur installation, ces conditions n'étaient pas mauvaises; on marchait à une vitesse de 25 tours qui ne demandait pas une vitesse exagérée aux machines; mais le développement considérable des travaux exigeait une accélération constante de la marche. En 1862, la vitesse des appareils était passée de 25 à 35 tours et tout faisait prévoir qu'elle passerait prochainement à 40 et 45 tours, vitesse limite que les machines permettaient d'atteindre. En effet, la condensation, la commande par courroie et la mise en mouvement de tout l'attirail des bielles, manivelles et balanciers, ne permettaient pas de sortir de certaines limites de vitesse très restreintes. Et encore tous ces organes étaient-ils en fonte, ce qui laisse à supposer combien ces machines étaient lourdes et incommodes.

Aussi proposait-on de remplacer les courroies par des engrenages, de construire les bielles et les balanciers en

fer, et mieux d'adopter d'une manière générale une excellente disposition admise à Thiers du premier coup et qui consistait à atteler directement une machine horizontale sur l'arbre du ventilateur.

Les principaux détails concernant les quatre ventilateurs Guibal alors en marche ont été réunis dans le petit tableau ci-dessous :

		THIERS	VERGER	GROSSE-FOSSE	JEAN-BART
Ailes.	Nombre	6	6	6	4
	Rayon interne	$1^{m},635$	$1^{m},400$	$1^{m},350$	$0^{m},900$
	Longueur	2 ,000	1 ,250	1 ,250	1 .460
	Rayon externe	3 ,250	2 ,500	2 ,500	1 ,850
	Largeur	1 .000	2 ,000	1 ,500	1 ,500
Rayon de l'ouïe		1 ,625	1 ,250	1 ,250	0 .850
Dépression		30 à 35^{mm}	50 à 60^{mm}	50 à 55^{mm}	35^{mm}
Volume		24^{m3}	22^{m3}	16^{m3}	17^{m3}

La Compagnie venait de faire un grand pas dans le sens de la ventilation mécanique, malheureusement ses efforts devaient être plus méritoires qu'efficaces; les faibles dimensions des appareils alors en usage, l'imperfection des machines qui les commandaient allaient paralyser en grande partie l'effet de ces sages dispositions. Les ruptures fréquentes de ces machines compliquées et mal construites allaient provoquer de nombreux arrêts et faire regretter plus d'une fois la ventilation par foyers dans les points où elle avait cédé le pas à la ventilation mécanique.

Fosse Turenne, 14 *juillet* 1862. — Pendant que se terminaient ces diverses installations, une inflammation de grisou sans véritable gravité se produisit à la fosse Turenne.

Cette fosse appartenait à la division de Denain; elle était en exploitation depuis 1829 et jamais, depuis cette époque, elle ne s'était fait signaler, au point de vue qui nous intéresse, dans les notes, conférences, rapports

hebdomadaires; nous lisons son nom pour la première fois dans le rapport de la conférence du 14 juillet 1862 à propos d'une inflammation de gaz suivie d'un incendie.

Cet accident n'eut aucune conséquence grave; nous le signalons comme l'entrée en scène de la fosse Turenne dont le nom, prononcé maintenant pour la première fois, reviendra trop souvent dans cette étude, évoquant à chaque fois le souvenir des accidents les plus terribles que la Compagnie ait à déplorer.

C'était dans les premiers jours de juillet 1862, on venait de faire jouer une mine à côté de remblais retenus sur un plancher; des vides s'étaient produits dans ces remblais et il s'y était amassé du gaz que le courant d'air ne pouvait chasser. Les flammèches de la fusée pénétrèrent dans l'une de ces cavités, le gaz s'enflamma et le feu se communiqua aux bois et aux remblais charbonneux.

Il fallut six heures d'efforts pour se rendre maître de l'incendie, qui n'eut pas d'ailleurs de conséquences graves.

Emploi de tissus dans le tirage des mines. — On employait alors un artifice, encore bien connu aujourd'hui, pour éviter les inflammations de gaz par les mèches de sûreté; voici ce que nous lisons à ce sujet dans le rapport de l'accident de Turenne : « L'emploi des tissus métalliques pour empêcher la projection des étincelles de la fusée a été recommandé de nouveau, afin que l'accident que nous venons de signaler ne puisse se reproduire. »

Cet artifice, sans être d'une efficacité certaine, n'était pas mauvais. Les ouvriers, après avoir attaché à la mèche un morceau d'amadou, mettaient le feu à l'amadou et enfermaient le bout de la mèche dans un tissu métallique dont ils bourraient avec de l'argile l'extrémité ouverte.

Par ce moyen, la flamme crachée par le bout de la mèche au commencement de sa combustion, devait être arrêtée par le tissu.

Cependant ce procédé n'était pas toujours efficace; il ne pouvait l'être qu'à la condition que la flamme restât dans le tamis, et ceci dépendait uniquement de la rapidité du dégagement des gaz de la combustion; en effet, d'après la constitution de la mèche, les gaz de la combustion se dégagent suivant la direction de l'axe de la mèche; il suffit, pour le vérifier, d'observer la flamme ou les étincelles projetées par la fusée; si le dégagement des gaz était trop intense, il pouvait très bien exercer sur la flamme du grisou brûlant dans le tamis une impulsion suffisante pour la faire sortir du tissu, absolument comme un courant d'air trop rapide ou le souffle d'un ouvrier qui veut éteindre sa lampe, chasse du tissu la flamme d'une lampe Davy (*).

On peut admettre néanmoins qu'en l'état actuel des

(*) C'est dans le même ordre d'idées qu'ont été inventées, en Belgique, les mèches Muller; ces mèches étaient formées d'une enveloppe en treillis métallique entourant les trois enveloppes concentriques ordinaires, pour parer aux dangers des projections latérales en cas de mauvaise fabrication de la mèche; pour éviter les dangers causés par la flamme à l'extrémité de la fusée, on introduisait cette fusée dans le canon d'un revolver recouvert d'un chapeau en toile métallique; on mettait dans le revolver une capsule de fulminate qui enflammait la mèche; les cinq ou six premiers centimètres brûlaient sans danger à l'intérieur du canon; après quoi on enlevait le revolver et on se retirait; la combustion se propageait, les produits gazeux qui pouvaient se dégager latéralement étaient refroidis par l'enveloppe métallique et ceux qui sortaient par l'extrémité de l'enveloppe n'y arrivaient que suffisamment refroidis pour ne plus présenter aucun danger d'ignition.

Aujourd'hui les amorces électriques à faible tension et les amorces Lauer remplacent avantageusement ces mèches un peu compliquées, pour le tirage des mines dans les travaux dangereux.

choses cette mesure était bonne et pouvait éviter des accidents; les moindres améliorations étaient précieuses dans le tirage des mines, car de toutes les questions qui intéressent la sécurité de l'ouvrier mineur, c'était celle-là qui avait fait le moins de progrès et qui réservait aux exploitants les plus terribles accidents.

C'est par un accident de ce genre que débuta l'année 1863.

Fosse Bleuse-Borne, 26 *juin* 1863 (Trois tués). — Le 26 juin 1863, trois ouvriers furent tués, pendant le poste de nuit, par un coup de grisou qui éclata sur une mine dans la veine Georges, à la fosse Bleuse-Borne.

Deux de ces ouvriers travaillaient au creusement de la voie, le troisième logeait les terres du mur dans la taille voisine; tous trois venaient de se retirer à 35 mètres de distance pour se mettre à l'abri des éclats d'une mine, quand une explosion de grisou éclata sur le coup de mine, les atteignit et les tua tous les trois.

Il fut impossible de connaître les détails de cet accident, dont tous les témoins avaient disparu. Il fut attribué à un dégagement instantané de gaz occasionné par le coup de mine qui aurait donné passage au grisou en même temps qu'il l'aurait enflammé.

Fosse Davy, 24 *août* 1863 (Cinq tués).— Moins de deux mois plus tard, la fosse Davy était le théâtre d'un nouvel accident plus grave encore que le précédent.

Cinq ouvriers travaillaient à l'agrandissement d'une voie qui servait de retour d'air aux tailles de Moyenne-Veine; deux d'entre eux, au mépris de tous les règlements, avaient enlevé le tamis de leurs lampes et travaillaient à feu nu, quand le grisou commença à manifester sa présence dans la taille inférieure; les mineurs de cette taille, voyant le gaz brûler dans leurs lampes, battirent

immédiatement en retraite; ils s'étaient à peine éloignés que le gaz s'enflammait sur les lampes des deux imprudents et qu'une explosion violente se produisait.

Des cinq ouvriers qui travaillaient dans le retour d'air, quatre furent tués sur le coup et le cinquième succomba des suites de ses brûlures. Les ravages de l'explosion furent considérables; à une grande distance du lieu de l'accident les portes d'aérage furent défoncées, et des éboulements très importants se produisirent.

Fosse Turenne, 29 *août* 1863 (cinq blessés). — Le 29 août, c'est-à-dire cinq jours après l'événement de la fosse Davy, cinq ouvriers furent grièvement brûlés dans une explosion de grisou à la fosse Turenne; les ouvriers de Turenne étaient munis de lampes de sûreté disposées de manière à s'éteindre quand on les ouvrait : par l'intermédiaire d'une petite crémaillère, le mouvement de rotation que l'on imprimait aux montants pour les visser sur le réservoir se transmettait au porte-mèche, de sorte que la mèche s'élevait ou s'abaissait suivant qu'on fermait ou qu'on ouvrait la lampe; ce nouveau système, qui avait succédé aux lampes Dubrulle, portait le nom de lampe Dernoncourt.

On remettait aux ouvriers, avant la descente, les différentes pièces de leur lampe, et ils les agençaient eux-mêmes après l'allumage, vissant d'abord le treillis, puis les montants sur le réservoir.

Cinq ouvriers travaillaient dans une voie de retour d'air, quand l'un d'eux s'aperçut que le grisou brûlait dans sa lampe; il voulut aussitôt l'éteindre et se mit à tourner précipitamment les montants afin d'abaisser la mèche; dans sa précipitation, il sépara complètement les montants du réservoir, la lampe s'éteignit; mais le treillis qui, par mégarde, n'avait pas été vissé sur le réservoir, tomba, et le gaz qui brûlait à l'intérieur mit le

feu au grisou et détermina une explosion qui atteignit gravement les cinq ouvriers.

Conférence du 9 *septembre* 1863. — Justement émus par cette série ininterrompue d'accidents, les exploitants prirent des mesures sévères et adoptèrent une série de dispositions qui se trouvent ainsi consignées dans le rapport de la conférence du 9 septembre 1863 :

« Bien que les trois explosions qui se sont succédé depuis quelques mois doivent être attribuées : la première à la nature même du travail, les deux autres à l'imprudence des ouvriers, l'administration supérieure renouvelle ses recommandations aux directeurs du fond et du jour, pour que toutes les précautions que la prudence et l'expérience peuvent suggérer à l'endroit de l'aérage et de l'éclairage soient prises plus minutieusement que jamais.

« Aux directeurs du fond, elle rappelle les règlements sur les communications intérieures, sur les lampistes du fond, sur une distribution efficace de l'air et une sévérité incessante à l'égard des ouvriers qui ouvrent leurs lampes.

« Aux directeurs du jour, elle rappelle que l'on a souvent à se plaindre de l'atelier de lavage des tissus, lequel envoie trop souvent aux fosses des tamis mal nettoyés.

« Aux deux services elle recommande une surveillance assidue des ventilateurs et du personnel qui y est attaché.

« Indépendamment de ces observations générales, l'administration, considérant que les explosions sont dues presque toujours à l'ouverture des lampes, est disposée à recourir à une mesure absolue qui empêche toute imprudence de la part de l'ouvrier; ce moyen, c'est la fermeture rigoureuse et complète des lampes qui lui sont confiées :

« 1° En conséquence, l'administration cherchera tous les moyens possibles pour arriver à ne remettre entre les mains des ouvriers que des lampes qui, une fois fermées, ne puissent pas être ouvertes par eux.

« 2° Lorsqu'une lampe sera éteinte dans les travaux, elle devra être remplacée par d'autres lampes tenues en réserve à l'accrochage. Ces lampes de rechange seront munies d'une série particulière de numéros, de façon que l'on puisse toujours savoir par qui les lampes ont été employées et échangées.

« 3° Au jour, les lampes continueront à être allumées par les ouvriers eux-mêmes, parce qu'il est impossible d'agir autrement sans leur faire perdre un temps considérable; mais ces ouvriers ne pourront descendre sans que la fermeture des lampes ait été vérifiée et constatée par des chefs ou des hommes placés *ad hoc.* »

Ces sages dispositions ne pouvaient malheureusement pas remédier à l'imperfection des lampes Davy, à l'inefficacité absolue des systèmes de fermeture des lampes alors en usage et aux dangers du tirage des mines qui, si on fait abstraction de l'introduction de la fusée dite de sûreté, n'avait pas fait un pas depuis le vœu formulé par les exploitants en 1824, au lendemain de l'introduction de la lampe Davy.

Une fois de plus les exploitants ne pouvaient guère compter que sur l'aérage pour éviter les accidents de grisou; mais nous savons combien l'insuffisance ou l'imperfection de leurs appareils de ventilation paralysait leurs efforts.

Cette situation dangereuse se traduisit par une catastrophe plus terrible que toutes les précédentes, et qui devait rester sans exemple dans les annales de notre bassin houiller.

Fosse Turenne, 9 *février* 1865 (Trente-neuf tués, sept

blessés). — Cet accident se produisit à la fosse Turenne, le 9 février 1865.

Cette fosse exploitait, au niveau de 410 mètres, trois veines, dites veines du Nord, récemment recoupées, qui étaient particulièrement grisouteuses. C'est dans ce quartier, où se trouvaient cent quarante ouvriers, que se produisit la catastrophe; trente-neuf périrent brûlés ou asphyxiés ; sept furent grièvement brûlés, et sans la rapidité avec laquelle fut organisé le sauvetage, sans le zèle intelligent des mineurs, toujours prêts aux plus nobles dévouements dans les catastrophes de ce genre, la compagnie aurait eu trente victimes de plus à déplorer.

Les effets de l'explosion furent si intenses qu'il ne fallut pas moins de seize jours de recherches pour retrouver les dernières victimes, et ce fut seulement le 6 mars que l'Ingénieur des mines, d'accord avec les directeurs de la Compagnie, put se prononcer catégoriquement sur les causes de ce terrible événement, après un examen minutieux des tailles.

Lieu de l'accident. — L'explosion avait eu lieu dans la deuxième veine : l'inspection de la liste des victimes montrait, en effet, que toutes les victimes de la deuxième veine avaient été brûlées, que, dans la première veine, les ouvriers se trouvant sur les voies aboutissant aux plans inclinés et par suite en communication avec la deuxième veine avaient été également brûlés, tandis que les mineurs retrouvés dans les tailles avaient péri par asphyxie; il n'y avait donc pas eu de flammes dans les tailles de la première veine. Dans la troisième veine, on n'avait trouvé qu'une victime, morte par asphyxie; les autres avaient été retirées vivantes de la fosse, atteintes de brûlures, il est vrai, mais presque toutes se trouvaient à portée des plans inclinés au moment de l'accident.

L'explosion avait donc eu lieu dans la deuxième veine

du nord : la flamme avait d'abord brûlé les ouvriers qui s'y trouvaient, elle était ensuite passée par un recoupage situé en haut d'un plan incliné entre la deuxième et la première veine, avait suivi ce plan incliné et pénétré dans les diverses galeries y aboutissant, atteignant les herscheurs et autres ouvriers à portée de ces galeries; mais elle n'avait pas pénétré dans les tailles de troisième et de première veine; les ouvriers qui se trouvaient dans ces tailles avaient péri asphyxiés ou tués par éboulements.

Cause de l'inflammation. — Cette première constatation faite, on s'attacha à découvrir la cause de l'inflammation du gaz; on avait examiné minutieusement les lampes des victimes, toutes étaient en bon état; mais le carnet des amendes de la fosse Turenne attestait qu'assez fréquemment on était obligé d'infliger des amendes à des ouvriers qui, malgré la défense absolue qui leur en était faite, employaient la poudre dans la veine pour en faciliter l'abatage.

Cette opération n'avait amené jusque là aucun accident et cette circonstance avait fait naître chez les ouvriers une fausse témérité qui les poussait à recourir à ce moyen qui facilitait singulièrement leur travail.

Il y avait, dès lors, de sérieuses raisons de supposer que c'était dans cette voie qu'il fallait chercher la cause de l'inflammation du grisou.

Ces suppositions ne tardèrent pas à se vérifier complètement. Aussitôt le sauvetage terminé, toutes les recherches avaient été concentrées dans la deuxième veine; le 6 mars, on pénétra dans la première taille, que l'on trouva remplie de blocs de charbon d'un volume tel qu'évidemment ils n'avaient pas été abattus au pic, mais bien par un fort coup de mine.

Un examen plus minutieux fit découvrir au front de taille un trou de 4 centimètres de profondeur et de 3 cen-

timètres de diamètre. Il était placé près du toit de la veine et la houille était fendillée sur tout le pourtour.

Ce trou était évidemment le fond de la chambre d'une mine qu'un mineur avait poussée au delà de la masse havée dans la houille massive, de sorte que cette partie était encore en place et n'avait fait que fendiller la houille sur tout son pourtour.

A cette constatation venait s'en ajouter une autre ; la position des victimes montrait que dans toutes les tailles de première et de deuxième veine, les ouvriers se trouvaient répartis le long des fronts au moment de l'explosion ; seul le front de la première taille de deuxième veine était abandonné, les quatre mineurs avaient été retrouvés dans la première voie, trop rapprochés les uns des autres pour avoir été surpris en travaillant, et cependant l'heure du déjeuner était passée depuis longtemps.

La conclusion s'imposait d'elle-même : les ouvriers de la première taille, après avoir préparé une mine dans la veine, s'étaient retirés dans la voie pour se mettre à l'abri, et c'était là que la mort les avait frappés. La flamme partant de la taille avait, d'un côté, parcouru les tailles supérieures et le retour d'air de la deuxième veine, et avait, de l'autre côté, pris le recoupage, suivi le plan incliné et pénétré dans les voies y aboutissant.

Cause de l'accumulation du gaz. — Mais il avait fallu pour produire l'explosion le concours d'une autre cause, amenant l'accumulation du gaz au point où l'imprudence des ouvriers s'apprêtait à le mettre en feu.

Dix jours avant l'accident, à la suite d'une explosion survenue dans une autre Compagnie, on avait fait une revue détaillée des retours d'air et des communications d'aérage en général ; la fosse Turenne avait été trouvée dans une situation satisfaisante.

L'aérage était assuré par le ventilateur Fabry, placé à

la fosse Bayard, qui avait un débit de 15 mètres cubes à la seconde.

11 ou 12 mètres cubes desservaient les trois veines du nord qui recevaient chacune un courant spécial d'air frais; le volume d'air mesuré dans la bowette était environ de 80 litres par seconde et par ouvrier occupé dans ces exploitations.

Ce n'était donc pas la masse d'air dans son état normal qui avait pu faire explosion, il fallait qu'une cause spéciale eût amené en un point une accumulation de gaz. Or, il n'y avait pas de vieux travaux dans ces exploitations et les tailles étaient remblayées de manière à ne laisser aucun vide où pût s'accumuler le grisou. L'accumulation n'avait pu dès lors se produire qu'aux fronts de taille et au moment même de l'explosion. Comment s'était-elle produite?

Un porion et un lampiste avaient été trouvés dans la galerie de retour d'air des tailles de la deuxième veine; il était évident qu'ils venaient de parcourir ces chantiers et qu'au moment de leur passage toutes les communications d'aérage devaient être libres. Le courant n'avait pu être contrarié qu'après leur passage, et plutôt par les ouvriers de la première taille qui avaient reçu les premiers la visite de leurs chefs, que par ceux de la dernière qui venaient de les voir et dont ceux-ci n'étaient pas encore éloignés de 200 mètres.

Il est probable que les mineurs de la première taille, voulant faire sauter une mine et désirant éviter que le bruit de l'explosion n'arrivât aux oreilles du porion, avaient bouché la partie supérieure de leur taille, se promettant bien de rétablir le courant d'air dès que la mine aurait éclaté, ajoutant ainsi à leur première imprudence une seconde plus grave encore, car elle réalisait le concours des deux causes dont la coïncidence peut seule amener une explosion de grisou.

C'est ainsi qu'une première imprudence en amène une seconde et que le mépris des règlements conduit insensiblement et fatalement à accumuler une série de circonstances, déjà dangereuses par elles-mêmes, et dont la réunion constitue un danger terrible.

Observations de l'Administration des mines. — L'Administration des mines recommanda vivement à la Compagnie de redoubler de surveillance à l'égard des chassis d'air des tailles et des communications d'aérage en général. Elle lui conseilla en outre de rechercher le moyen d'empêcher les mineurs de se servir de poudre dans la veine

« Il faudrait pour cela, disait-elle, que le mur se fit à une heure déterminée et qu'un porion pût alors remettre à chaque ouvrier la poudre nécessaire pour cette opération; il reviendrait ensuite s'assurer que la mine a été tirée, ou, comme cela se fait en Belgique, il allumerait lui-même les mines ».

C'était le principe de l'institution des boute-feu qui était ainsi mis en avant; mais cette sage mesure ne devait pas être encore mise en pratique, elle ne devait s'imposer que plus tard à la suite d'une nouvelle série d'accidents (*).

Règlement sur l'emploi de la poudre. — La Compagnie répondit aux observations de l'Administration des mines en réglementant le tirage des mines dans les fosses grisouteuses par une série de dispositions qui formèrent le premier règlement qui ait régi cette matière.

(*) La catastrophe de Turenne, la plus terrible qui se fût jamais produite dans le bassin houiller d'Anzin, jeta la consternation dans tous les cœurs, mais n'abattit pas les courages. Elle donna naissance à des actes de dévouement sublime qui provoquèrent de nombreuses récompenses. Les veuves et les orphelins furent l'objet de toute la sollicitude de la Compagnie, et des souscriptions publiques, accueillies avec le plus charitable empressement, vinrent soulager dans la mesure du possible les malheureuses familles atteintes par ce désastre.

Art. 1er. — Sont réputées fosses à grisou celles où un dégagement habituel de gaz hydrogène carboné exige des mesures de précaution exceptionnelles.

Lorsque les directeurs auront reconnu qu'en raison de la diminution ou de la disparition du gaz, le régime exceptionnel n'est plus nécessaire pour une fosse, ils adresseront à l'administration une proposition tendant à faire rentrer cette fosse dans la catégorie des fosses ordinaires.

Art. 2. — Dans les fosses à grisou, il est expressément défendu de faire jouer la mine, à moins d'autorisation spéciale du maître porion, du porion ou du maître-mineur. Cette autorisation ne pourra être donnée, et il ne pourra en être fait usage qu'en dehors des chantiers où se fera l'abatage du charbon et après s'être assuré du bon état de l'aérage.

A l'égard de l'emploi de la mine dans la veine et sur coupe, il pourra être autorisé dans les parties de l'exploitation où le dégagement de grisou n'a pas lieu, mais seulement par le directeur lui-même.

Art. 3. — Il est formellement interdit aux ouvriers d'employer d'autre poudre ou d'autres fusées que celles fournies par la compagnie. Les dépôts de cartouches et de mèches de sûreté de chaque fosse sont placés sous la surveillance des maîtres porions.

Art. 4. — Les cartouches et les mèches ne seront délivrées aux ouvriers que sur l'autorisation expresse de l'un des chefs susnommés, qui fixera la quantité présumée nécessaire pour les travaux de la journée. La journée terminée, les ouvriers devront remettre l'excédent non consommé. Il leur est expressément interdit d'en conserver sous quelque prétexte que ce soit.

Art. 5. — Un registre spécial indiquera les quantités reçues et les quantités rendues.

Art. 6. — Pour le chargement de la mine, la poudre sera enfoncée, comme d'usage, à l'aide d'un bourroir en bois. Les bourroirs métalliques ne pourront être employés que pour achever le bourrage.

Art. 7. — Il est interdit de retourner sur la mine qui n'a pas joué avant un délai de vingt-quatre heures; en tout cas, il est défendu de la débourrer.

Ce n'était encore là qu'un acheminement vers l'institution des boute-feu, et nous verrons souvent ces sages dispositions rester impuissantes à empêcher les infrac-

tions des ouvriers. D'ailleurs quel règlement pouvait être assuré d'une efficacité réelle tant que les fosses grisouteuses seraient réduites à employer le tirage à la poudre?

Inflammations nombreuses sur coups de mine. — Bon nombre d'ouvriers trompèrent la vigilance des lampistes et persistèrent à faire jouer des mines sans autorisation; du reste, même en présence des lampistes, les inflammations ne cessèrent pas d'être nombreuses, si nombreuses même que dans une conférence on réclamait, pour chaque fosse, de petites pompes à bras pour faciliter l'extinction rapide du grisou.

Heureusement ces inflammations n'amenèrent pas d'accident grave pendant les premières années qui suivirent le triste événement de Turenne; mais une autre source de dangers amena de nouvelles explosions.

Depuis que le développement considérable des travaux nécessitait une ventilation de plus en plus énergique, on s'était efforcé de pourvoir les fosses grisouteuses d'appareils de ventilation plus puissants; mais on n'avait pas toujours pu augmenter en même temps la section des communications d'aérage; de sorte que bien des bowettes étaient parcourues par des courants d'air animés de vitesses considérables; cette circonstance devait avoir des conséquences redoutables à une époque où la lampe Davy était encore seule employée dans les fosses grisouteuses. Elle provoqua un grave accident à la fosse d'Hérin le 19 mars 1869.

Fosse d'Hérin, 19 *mars* 1869 (Cinq tués, seize blessés). — Cinq ouvriers y trouvèrent la mort et seize autres faillirent périr brûlés ou asphyxiés.

Un train de berlines se trouvait engagé dans la bowette de 250 mètres, entre le recoupage de la veine Mau-

grétout et le deuxième versant de Voisine, en un point voisin du rechangeage des chevaux, quand une explosion se produisit en cet endroit.

Le conducteur du convoi fut tué sur le coup, l'aide-conducteur et deux herscheurs furent très grièvement brûlés; un désordre inexprimable se produisit: les portes d'aérage furent brisées, le cheval qui traînait le convoi, violemment projeté, fut en quelque sorte encastré entre les berlines et les parois de la galerie, les berlines furent culbutées les unes sur les autres, et même l'une d'elles, soulevée par l'explosion, imprima ses roues sur la bille d'un cadre de boisage. En même temps, des masses considérables de gaz délétères s'accumulèrent en cet endroit où l'air ne pouvait plus arriver, barrant le passage aux ouvriers qui travaillaient à front de la bowette et dans les exploitations voisines.

Cependant les dégâts matériels étaient circonscrits autour du point de l'explosion; aussi le sauvetage fut-il facile à organiser, et, au bout de deux heures, il ne restait plus personne au fond de la mine.

L'explosion avait fait vingt et une victimes: le conducteur était mort au fond; son aide et deux herscheurs, grièvement brûlés, moururent au bout de quelques heures. Toutes les autres victimes avaient été atteintes par l'asphyxie; grâce aux soins énergiques qu'on leur prodigua, elles revinrent à la vie, sauf une seule qui succomba dans la journée.

La ventilation de la fosse Hérin était assurée par deux foyers placés dans un puits spécial de retour d'air, qui faisaient passer dans la bowette un volume d'air de 28 mètres cubes à la seconde.

Malheureusement une disposition fâcheuse s'était introduite dans l'aménagement de ce courant d'air; l'air qui avait passé dans les travaux grisouteux de la veine Maugrétout, rentrait dans le courant général pour se rendre

par la bowette dans les exploitations du deuxième versant de Voisine.

Il en resultait pour ce quartier d'exploitation une situation dangereuse, la moindre accumulation de gaz produite dans les travaux de Maugrétout par l'ouverture d'une porte ou par une imprudence quelconque, devant être fatalement entraînée dans la bowette et dans les tailles de Voisine.

D'autre part, la section de la bowette était insuffisante, le courant d'air qui la traversait était animé d'une vitesse qui rendait dangereux l'emploi de la lampe Davy.

Le cheval qui traînait le convoi surpris par l'explosion portait, attachée à son collier, une lampe Davy qui se trouvait ainsi placée précisément à la partie supérieure de la bowette, où se portait naturellement le grisou; en outre, la section déjà insuffisante de cette galerie était encore diminuée par la présence du cheval et de deux trains de berlines.

Que le cheval, excité par son conducteur, ait fait un mouvement brusque en se retournant pour passer d'un convoi à l'autre, et l'on conçoit très bien que la vitesse relative déjà trop grande du courant d'air ait encore été notablement augmentée, et que la flamme de la lampe ait été chassée du tissu métallique.

L'Administration des mines adressa à ce sujet à la Compagnie d'Anzin quelques observations destinées à prévenir le retour de pareils accidents.

Observations du Conseil général des mines. — « Le Conseil a reconnu, avec MM. les Ingénieurs, que cet accident ne relevait pas d'imprudences de la part des exploitants ou des ouvriers, ni de vice essentiel dans l'aérage de la mine; mais qu'il y avait de fortes présomptions pour croire que, bien qu'il ait été constaté que toutes les lampes de sûreté étaient fermées et en bon état, le feu a été mis au grisou par une de ces lampes, et probable-

ment par la lampe à simple treillis qui était attachée au cou du cheval employé au transport souterrain dans la bowette où l'explosion a eu lieu. Un mouvement brusque du cheval, en se retournant pour passer d'un convoi à l'autre, surtout sous l'excitation du conducteur, a pu augmenter la vitesse relative du courant d'air, déjà très actif, et lui faire dépasser facilement et notablement la limite à laquelle les lampes à treillis cessent d'être sûres, d'autant plus que les trains de bennes et le cheval lui-même rétrécissaient sensiblement sur ce point la section de la galerie à sa partie inférieure.

« Le Conseil a fait remarquer que, si telle en est la cause, l'inflammation du 19 mars fournirait une nouvelle preuve de l'insuffisance de garantie qu'offrent les lampes à simple treillis, par suite de la facilité avec laquelle ces treillis peuvent laisser passer la flamme dans les mélanges explosifs, lorsque la vitesse du courant dépasse un degré même encore peu élevé, et qu'il importe dès lors de ne point exposer ces lampes à des mouvements brusques, d'éviter par conséquent de les attacher au collier des chevaux, d'autant plus qu'elles se trouvent ainsi placées dans la partie supérieure des galeries où peut particulièrement se concentrer le grisou.

« Il a d'ailleurs paru au Conseil qu'il conviendrait d'apporter à l'aérage de la mine quelques améliorations de détail qui consisteraient par exemple à modérer la vitesse moyenne du courant dans les voies principales par un agrandissement convenable de leur section, tout en assurant à ce courant, contre le ciel des voies, l'énergie nécessaire pour balayer exactement le grisou, au fur et à mesure de son arrivée sur les points où il peut affluer des divers ouvrages et cela, au besoin, par une disposition appropriée des portes régulatrices.

« Il importerait en même temps de veiller à ce que le ciel des voies fût tenu aussi régulier que possible pour

faire disparaître les anfractuosités dans lesquelles le grisou tend à stationner.

« Enfin, en tenant compte des conditions dans lesquelles s'est passé l'accident du 19 mars, il y aurait lieu de mettre le retour d'air des travaux de la veine Maugrétout en communication directe avec le retour d'air supérieur de la veine Voisine et Carachaux, afin de se débarrasser immédiatement du gaz que dégagent ces travaux, de façon à ce qu'il sorte par la galerie de retour d'air, où la fréquentation est aussi faible que possible. »

Fosse d'Hérin, 6 février 1870 (Trois blessés).—L'année suivante, un nouvel accident se produisit à Hérin, dans des circonstances à peu près semblables, en un point voisin de l'endroit où avait éclaté l'explosion que nous venons de relater.

Une communication d'aérage venait d'être établie entre les niveaux de 250 et 200 mètres au moyen d'un montage dans la veine Voisine; ce montage avait ensuite été poussé en reconnaissance au-dessus du niveau de 200 mètres, mais on avait dû arrêter ce travail par suite d'un violent dégagement de gaz; on avait barré le pied du montage à 200 mètres et on faisait évacuer le gaz au moyen d'une double rangée de buses.

Le courant d'air qui passait dans cette nouvelle communication d'aérage, était si vif que l'on avait dû modérer sa vitesse au moyen d'une porte régulatrice.

Le 6 février 1870, un maître-mineur ambulant, en tournée de ce côté, venait de parcourir le montage de Voisine et de franchir la porte régulatrice, quand il vit le grisou brûler dans sa lampe; il retourna vivement sur ses pas; mais, au moment où il ouvrait la porte, une explosion se produisit et le brûla grièvement; la flamme s'introduisit dans le montage et alla brûler deux ouvriers qui y étaient occupés.

On a expliqué cet accident de la manière suivante : le système de buses, destiné à évacuer le grisou du montage en cul-de-sac, était impuissant par lui-même à assurer cette évacuation complète au fur et à mesure du dégagement; une certaine quantité de gaz avait pu ainsi s'accumuler dans ce cul-de-sac.

Au moment où le maître-mineur ouvrit la porte régulatrice, le courant d'air augmenta beaucoup d'intensité; le grisou accumulé dans le cul-de-sac se dégagea en abondance par les buses et vint prendre feu sur la lampe du surveillant. A cette vue, celui-ci se retourna brusquement et revint vivement en arrière; quand il ouvrit de nouveau la porte, sa lampe se trouva placée dans un courant d'air très vif, dont il augmentait encore la vitesse relative en marchant, peut-être même sa lampe se trouva-t-elle présentée à l'embouchure des buses; alors la flamme aura passé en dehors du tissu métallique et communiqué le feu au gaz.

Observations du Conseil général des mines. — Le Conseil général des mines crut devoir appeler à nouveau l'attention de la Compagnie sur les dangers présentés par la lampe Davy dans les milieux grisouteux animés de trop grande vitesse :

« Cet accident, disait-il, doit être attribué au manque de sang-froid de l'un des mineurs qui, voyant une inflammation de gaz à l'intérieur de sa lampe de sûreté à treillis métallique, a ouvert brusquement, pour battre en retraite, une porte d'aérage, en sorte que sa lampe se trouvant exposée à un courant rapide d'air chargé de grisou a mis le feu au mélange explosif.

« Le Conseil général des mines a considéré que, dans ces circonstances, l'explosion ne révélait aucune faute pouvant entraîner une responsabilité pénale, ni aucun vice dans les conditions de l'aérage général de la mine; mais il a pensé qu'il y aurait lieu d'appeler de nouveau

l'attention de la Compagnie d'Anzin sur le peu de sûreté que présentent les lampes à simple treillis métallique dans les courants qui peuvent être habituellement ou accidentellement animés d'une vitesse un peu grande, tout en lui laissant le choix et la responsabilité des types qu'elle voudrait adopter. »

La Compagnie d'ailleurs avait pris les devants, comme le prouve ce passage du rapport de la conférence du 11 février 1870 : « L'accident d'Hérin montre que nos lampes ne présentent pas une sécurité complète toutes les fois qu'elles se trouvent dans un mélange explosif animé d'une certaine vitesse; M. le Directeur Général charge M. l'ingénieur en chef de se renseigner sur les résultats obtenus dans le bassin de Saint-Étienne avec les lampes préconisées par la Société de l'industrie minérale. »

Essai de la lampe Mueseler à Hérin. — C'était de la lampe Mueseler qu'il s'agissait.

Depuis 1842, M. Mueseler avait apporté à sa lampe quelques perfectionnements de détail qui l'avaient rendue d'un usage plus pratique ; à la faveur de ces perfectionnements, son usage s'était répandu rapidement en Belgique d'abord, où le gouvernement l'avait rendu obligatoire dans les fosses grisouteuses en 1864, et aussi dans la Loire, où le directeur de la Compagnie de Firminy exposait ainsi son opinion sur cette lampe au directeur général de la Compagnie d'Anzin :

« Il me semble impossible, disait-il, qu'on trouve jamais une lampe inexplosible, et telle n'a pas été du reste la prétention de Davy; mais il n'est pas indifférent d'avoir une lampe présentant la plus grande sécurité possible et, à mon avis, c'est la lampe Mueseler. Les vitesses supérieures à 8 mètres par seconde sont rares dans les mines, et je crois que cette lampe y résistera dans la

plupart des cas; tandis que les vitesses de 4 mètres par seconde deviennent fréquentes et seront de tous les jours avec la généralisation des moyens mécaniques de ventilation. Or, à 4 mètres de vitesse, je crois nos lampes à simple treillis toutes insuffisantes. »

Ces appréciations favorables amenèrent la Compagnie à tenter un nouvel essai de la lampe Mueseler; dans le courant de l'année 1870, vingt lampes de ce système furent remises aux chefs et à quelques ouvriers de la fosse d'Hérin. Mais l'essai ne réussit aucunement; l'expérience fut abandonnée, et les vingt lampes furent employées seulement dans les retours d'air et dans les endroits particulièrement dangereux.

On résolut de s'en tenir, comme par le passé, aux lampes à simple treillis et on se borna à chercher un mode de fermeture plus efficace de ces lampes.

Fermeture système Dinant. — Ces recherches amenèrent un employé de la Compagnie, M. Dinant, à imaginer le système de fermeture auquel il donna son nom et qui obtint immédiatement un grand succès.

Ce système, aujourd'hui trop connu pour qu'il soit utile de le décrire, devait être employé jusqu'à l'invention du rivet de plomb.

Les premiers essais de la lampe à soudure Dinant furent faits au Chaufour et portèrent sur cinquante lampes; ils donnèrent de bons résultats et un comité, réuni dans le but de vérifier ces résultats, en tira la conclusion suivante : « Les essais ont été favorables et l'application de cet appareil s'étendra, parce qu'il est reconnu que les lampes sur lesquelles il est placé ne peuvent être ouvertes au fond par aucun moyen ».

Effectivement, pourvu que la soudure fût bien faite, il n'y avait aucun moyen d'ouvrir la lampe sans qu'il restât des traces de cette infraction. Les lampistes arrivèrent

d'ailleurs aisément à souder et dessouder cent lampes en une heure ; aussi la lampe Dinant fut-elle immédiatement employée dans la plupart des fosses grisouteuses : Chaufour, Dutemple, Davy, Réussite, Hérin, Turenne.

Situation au point de vue de l'aérage. — Pendant que l'éclairage de sûreté subissait cette modification, la ventilation restait à peu près dans le *statu quo ;* la ventilation mécanique n'avait fait aucun progrès depuis 1865 ; les ventilateurs de Grosse-Fosse, de Thiers, du Verger, de Jean-Bart et de Bayard étaient encore les seuls qui existassent à la Compagnie ; en 1865, lors de la suppression du foyer de Dutemple, on avait refusé d'installer un ventilateur à Ernest et on avait remplacé le foyer de Dutemple par un nouveau foyer qu'on avait placé à Ernest. A la suite de la catastrophe de Turenne, le Fabry de Bayard avait été remplacé par un Lemielle de 7 mètres de diamètre et de 5 mètres de hauteur.

Situation au point de vue du tirage des mines. — Quant au tirage des mines, il était toujours soumis au règlement élaboré en 1866, c'est-à-dire que la poudre noire et la fusée étaient encore entre les mains des ouvriers, mais que ceux-ci ne devaient faire jouer aucune mine sans une autorisation expresse d'un surveillant.

Cette situation se poursuivit sans accident grave jusqu'en 1873, époque à laquelle survint le fait suivant à la fosse du Chaufour.

Fosse du Chaufour, 21 *février*.1873 (Un tué). — La partie inférieure d'une taille de Grande-Veine du Midi, au niveau de 550 mètres, se trouvant en restreinte, on avait continué à pousser seulement la partie supérieure et, après quelques mètres d'avancement, il était devenu nécessaire de creuser une cheminée pour le passage des

charbons dans la partie rétrécie de la veine. On avait alors commencé un montage qui, à 4^m,50 de hauteur, avait été envahi par le grisou et avait dû être immédiatement abandonné. La cheminée avait été reprise en descendant par la partie supérieure de la taille et ce travail allait être achevé quand un des ouvriers, voulant se rendre compte de ce qui restait à faire, pénétra dans le montage malgré la défense qui lui en avait été faite. Il était à peine monté de deux mètres qu'il tomba asphyxié sans pouvoir pousser un cri ; ses camarades ne s'aperçurent qu'une heure après de sa disparition, et il était mort depuis longtemps quand ils le retrouvèrent.

Cet accident fut le début d'une nouvelle série de tristes événements qui vinrent désoler l'année 1874.

Fosse Tinchon, 27 *mai* 1874 (Un tué, un blessé). — Le 27 mai 1874, une explosion éclatait à la fosse Tinchon dans la veine du Midi, au niveau de 532 mètres.

Deux ouvriers, en arrivant au pied de leur taille, s'étaient arrêtés dans la voie pour se débarrasser de leurs vêtements ; l'un d'eux avait posé sa lampe et un paquet de cartouches sur une saillie de la paroi près du toit de la galerie. Il existait en cet endroit, dans le toit, une fissure que l'on savait dégager du gaz, on avait même pris quelques précautions à ce sujet, mais on avait toutefois laissé subsister en ce point un léger ressaut du toit, à la faveur duquel pouvait aisément se former une petite accumulation de grisou. Le gaz ainsi accumulé s'enflamma sur la lampe, brûla grièvement les deux ouvriers et mit le feu au paquet de cartouches, ce qui aggrava l'explosion.

L'une des victimes succomba peu de jours après l'accident, l'autre survécut à ses brûlures.

La fosse Tinchon était aérée par le ventilateur de Grosse-Fosse, auquel des expériences récentes avaient

reconnu un débit de 18 mètres cubes à la seconde ; tous les ouvriers étaient munis de lampes Dinant.

On sait qu'une condition essentielle du fonctionnement du système de fermeture de ces lampes était que le couvercle fût vissé à fond sur le réservoir ; or, quand on ramassa les lampes des victimes, on s'aperçut qu'elles étaient toutes deux incomplètement vissées et que l'une d'elles laissait un vide au-dessus du réservoir. C'était celle-là qui avait déterminé l'explosion, soit que l'inflammation se fût communiquée par ce vide, soit que la flamme eût été chassée du treillis par un courant d'air un peu rapide ou même par le dégagement un peu vif du soufflard.

Cet événement attira plus que jamais l'attention des exploitants et de l'Administration des mines sur la réglementation de l'éclairage de sûreté. Le rapport suivant va donner une idée exacte de l'opinion qui avait cours à cette époque.

Rapport sur les lampes de sûreté. — « La Compagnie d'Anzin emploie dans ses fosses à grisou la lampe Davy ordinaire et la lampe Dinant.

« Depuis, toujours les lampes Davy sont préparées dans la lampisterie par des ouvriers spéciaux qui, après les avoir nettoyées, y placent une mèche, un tissu propre et les garnissent d'huile. Elles sont remises aux ouvriers non allumées et non fermées lors de leur arrivée à la fosse. Ayant reçu sa lampe, le mineur achève de disposer la mèche, il allume le feu et opère la fermeture avec des clefs établies à demeure près de la lampisterie.

« Au fond, lorsqu'une lampe s'éteint, le mineur peut la rouvrir et la rallumer ; mais pour cela il doit se transporter à l'accrochage ou bien sur des points spécialement désignés, où le grisou n'existe pas, et où se trouvent des clefs de secours.

« Tel est l'ordre établi à la Compagnie, consacré par

des règlements qui remontent à une époque ancienne, et sanctionné par des pénalités qui sont appliquées par les chefs, lesquels s'assurent dans leurs tournées si les lampes sont réellement fermées.

« Si on donnait aux ouvriers mineurs les lampes allumées et fermées à clef, on rencontrerait les inconvénients suivants :

« Dans les fosses importantes, il y a parfois des coupes de 500 et 600 ouvriers ; il faudrait donc allumer cinq cents ou six cents lampes à l'avance ; ces lampes attendraient parfois une demi-heure, une heure et même plus encore, avant l'arrivée de l'ouvrier. Pendant ce temps la fumée, la suie et l'huile encrasseraient le tissu, et le mineur trouverait sa lampe salie en partie avant d'avoir commencé sa journée.

« L'ouvrier, d'ailleurs, en prenant sa lampe a l'habitude de disposer sa mèche, de visiter son tissu et de préparer sa flamme avant de descendre. Si on lui donne cette lampe fermée, il ne pourra plus faire cette inspection et ces arrangements complémentaires.

« Et puis que gagnera-t-on à donner à l'ouvrier la lampe Davy ainsi fermée à l'avance ? Actuellement l'ouvrier a des clefs dans le fond à sa disposition ; si on les lui retire, il peut en faire faire chez le quincaillier, et même, sans recourir à ces moyens, il parvient sans peine, avec un morceau de bois, à se fabriquer une clef qui ouvre la lampe sans difficulté ; de sorte que la mesure en question sera tout à fait sans effet en ce qui concerne la lampe Davy.

« J'ajoute qu'elle sera pernicieuse, car le mineur n'ayant plus à sa disposition la clef de secours à l'accrochage ou sur les points désignés, rallumera sa lampe dans la taille, c'est-à-dire dans l'endroit le plus dangereux.

« On s'étonne de la tendance de l'ouvrier à ouvrir la lampe de sûreté ; cette tendance est pourtant bien natu-

relle; en effet, si la lampe de sûreté est un préservatif plus ou moins efficace contre le grisou, par contre elle peut être une cause de dangers quand le grisou n'existe pas; cette lampe éclaire mal, surtout vers la fin de la journée; le tissu ou le manchon en verre sont salis par l'huile, la suie, le charbon, et, s'il existe un boisage délicat à effectuer, des fentes à reconnaître, des fissures à craindre, l'ouvrier est en défiance; alors, s'il est convaincu que son chantier ne contient pas de grisou, il ouvre sa lampe pour mieux voir et mieux faire son travail. L'ouverture de la lampe est bien défendue; cependant on conçoit que si on avait toujours des ouvriers prudents, sérieux et intelligents, l'ouverture de la lampe serait parfois permise, dans l'intérêt même de la sûreté de l'ouvrier.

« Les règlements toutefois défendent cette ouverture d'une manière absolue, du moins dans les travaux.

« Pour mettre l'ouvrier à l'abri de ses propres imprudences, on a imaginé des lampes à fermeture absolue: M. Dinant a trouvé la fermeture à soudure. Désireuse de voir si cette lampe réalise les promesses qu'elle a faites, la Compagnie a permis de l'employer dans plusieurs fosses. Nous avons trouvé que cette lampe, dans les mains d'ouvriers sérieux et prudents, donne des résultats excellents, comme au reste les donne la lampe Davy ordinaire. Mais l'ouvrier indocile retombe avec elle et malgré elle dans les dangers qu'on veut éviter :

« 1° Il la dessoude pour l'ouvrir et met sur le compte d'un accident fortuit la dessoudure qu'il a faite ;

« 2° Il ne ferme pas sa lampe, et dans ce cas la soudure est sans effet.

« Le point important dans les fosses à grisou est d'établir de puissants ventilateurs pour diluer le gaz dans de grandes masses d'air et l'aspirer dans l'atmosphère à l'aide de grandes et nombreuses galeries. C'est à ce ré-

sultat que tend la Compagnie d'Anzin par l'établissement de grands foyers et de grands ventilateurs. Ainsi aérées les fosses présentent moins de dangers, et les ouvriers n'ont pas aussi souvent à souffrir de leurs imprudences ou des accidents survenus à leurs lampes.

« Là néanmoins où la lampe Dinant est appliquée, il n'y a qu'une seule précaution pratique à ajouter à celles qu'on a prises jusqu'à ce jour ; c'est, non pas de remettre les lampes allumées et fermées aux ouvriers, mais de faire visiter par un surveillant spécial toutes les lampes allumées au moment où l'ouvrier va descendre dans la fosse ; ce surveillant constatera si les lampes sont fermées et contrôlera rapidement leur état.

« Pour ce qui concerne la lampe Davy, pour les motifs que nous avons indiqués plus haut, cette précaution nous paraît inutile ».

Avis du Conseil général des mines. — Cependant l'Administration des mines était loin de partager la manière de voir de la Compagnie ; l'ingénieur des mines avait terminé son rapport sur l'explosion de Tinchon, en demandant que la fermeture de toutes les lampes de sûreté fût vérifiée avant la descente. Le ministre des travaux publics avait été plus loin encore dans ses conclusions, comme permettra d'en juger la dépêche suivante adressée au préfet du Nord, le 11 septembre 1874 :

« Il paraît à peu près certain, disait le ministre, que les deux ouvriers brûlés par l'explosion de grisou de Tinchon ont été victimes de leur propre imprudence. Cette inflammation aurait été produite en effet par une lampe qui n'avait pas été fermée et que l'un des blessés avait d'ailleurs placée en un point dangereux.

« Mais si la responsabilité des exploitants n'est pas matériellement engagée par cet accident, on peut leur reprocher une mauvaise organisation en ce qui concerne

le service des lampes de sûreté, qu'on laisse aux ouvriers eux-mêmes le soin d'allumer. Il résulte de là qu'il dépend de ceux-ci que les lampes soient ou non fermées, ce qui rend inutiles les systèmes de fermeture employés pour empêcher d'ouvrir ces appareils dans les travaux.

« Il m'a paru, comme au Conseil général des mines, qu'il importait de faire cesser cet état de choses. Je vous prierai donc, monsieur le préfet, de vouloir bien inviter la Compagnie d'Anzin à confier au lampiste ou à un surveillant spécial le soin de fermer les lampes de sûreté avant qu'elles soient remises aux ouvriers. »

En réponse à cette dépêche ministérielle, la Compagnie décida que toutes les lampes seraient visitées par un surveillant spécial ayant pour mission de s'assurer avant la descente de chaque ouvrier de leur bon état et de leur fermeture.

Plus tard les lampes ne furent remises aux ouvriers qu'allumées et fermées à clef.

Fosse Davy, 23 *juillet* 1874 (Quatre tués, deux blessés). — Le 23 juillet 1874, une explosion de grisou se produisit à Davy. Un ouvrier et un herscheur avaient préparé un coup de mine au coupement d'une taille de la veine Maugrétout, au niveau de 278 mètres. Ils y avaient mis le feu, sans en demander l'autorisation au surveillant, et s'étaient retirés, le mineur dans la voie à 30 mètres de la taille, et le herscheur à 70 mètres à la tête d'un plan incliné où se trouvaient déjà quatre ouvriers.

Le coup de mine en éclatant enflamma une petite accumulation de gaz qui se trouvait au front de taille et dans la voie, et la flamme se propagea tout le long de cette galerie jusqu'à la tête du plan incliné où se trouvaient accumulées des quantités considérables de grisou. Une violente explosion se produisit et la voie s'éboula sur 7 mètres de longueur.

Le mineur qui s'y était garé fut très grièvement brûlé, le herscheur fut renversé et tué sur le coup; des quatre ouvriers qui se trouvaient près de lui, l'un fut enseveli sous l'éboulement, il était mort quand on parvint à le dégager au bout de quelques heures; les trois autres furent gravement atteints et deux d'entre eux succombèrent le surlendemain de l'accident.

La fosse Davy était aérée par les foyers de la fosse d'Hérin; le courant d'air y était convenablement aménagé, mais insuffisant. La tête du plan incliné avait été percée à travers des terrains accidentés; le toit était en cet endroit sillonné de fissures qui dégageaient du grisou en abondance, et le jour de l'explosion une dépression barométrique très sensible avait donné une importance encore plus considérable au dégagement du gaz accumulé dans ces fissures.

C'est au milieu de pareilles circonstances que l'ouvrier crut bon d'enfreindre le règlement et de mettre le feu à sa mine, sans prévenir le surveillant, qui certainement se serait rendu compte du danger, et sans même vérifier lui-même l'état de l'atmosphère dans la voie. Son imprudence détermina l'explosion.

Cet accident, dû à l'oubli des prescriptions de 1865, fut suivi peu de temps après d'une nouvelle catastrophe également causée par une infraction au règlement sur le tirage des mines.

Fosse Réussite, 12 *décembre* 1874 (Trois tués, un blessé). — Le 12 décembre, à la fosse Réussite, deux mineurs de la neuvième taille de Petite-Veine du Midi couchant, au niveau de 466 mètres, ayant achevé de forer un trou de mine, prévinrent le surveillant, conformément au règlement; celui-ci devait se rendre à d'autres chantiers, et il leur dit d'attendre son retour pour mettre le feu à la mine. Quand il revint quatre

heures après, une fumée épaisse et des gaz irrespirables lui barrèrent le passage, il courut demander du secours et ne parvint qu'à grand'peine à la neuvième taille. Il trouva d'abord deux ouvriers à l'entrée de la neuvième voie, l'un était mort, l'autre était à demi-asphyxié, mais put être rappelé à la vie; pénétrant ensuite dans la neuvième taille, il y trouva les deux mineurs qui avaient préparé le coup de mine, tous deux étaient étendus morts dans la taille, ils avaient été brûlés et asphyxiés.

Les malheureux n'avaient pas attendu le retour du surveillant, ils avaient mis le feu à leur mine et avaient ainsi déterminé une explosion de grisou.

L'aérage de la fosse Réussite avait été tout récemment étudié avec beaucoup de soin à la suite de l'accident de Davy et dans le but d'examiner l'opportunité de l'installation d'un ventillateur à Ernest; mais la situation actuelle avait été jugée satisfaisante et Réussite était aérée par le foyer d'Ernest et par le ventilateur de Grosse-Fosse devenu libre à la suite de l'arrêt de la fosse Tinchon.

Les tailles du couchant de Petite-Veine du Midi recevaient 3 mètres cubes d'air par seconde; le courant y était vif et constamment ascensionnel. Il semble que dans ces conditions une accumulation de gaz devait être difficile; de fait l'explosion n'a pas été facile à expliquer, si nous en jugeons par les causes diverses invoquées tour à tour.

Depuis la veille de l'accident, une forte dépression barométrique régnait au jour et des instructions toutes spéciales avaient été données aux surveillants chargés du tirage des mines. On a présumé que cette dépression avait pu avoir une influence sur le dégagement du grisou; mais nous savons qu'à cette époque on était porté à exagérer l'effet des perturbations atmosphériques sur les dégagements grisouteux.

Il est un fait qui semble pouvoir être invoqué d'une manière bien plus plausible comme ayant occasionné l'accumulation du gaz ; quand on rentra dans les travaux après l'explosion, on trouva la sixième taille obstruée par un éboulement qui arrêtait le courant d'air; or les voies et les tailles placées entre ce point et le lieu de l'accident ne présentaient aucun désordre, ce qui permettait de penser que l'éboulement de la sixième taille, loin d'être une des suites de l'explosion, en aurait été la cause. Cet éboulement se serait produit après le passage du surveillant (la sixième taille était arrêtée), le courant d'air ainsi arrêté aurait cessé de passer dans les fronts, le grisou aurait pu alors s'accumuler et le coup de mine tiré en ce moment serait venu l'enflammer.

Dès lors il devenait évident que la réglementation du tirage des mines était insuffisante; du moment qu'un ouvrier, après avoir prévenu le surveillant qu'il avait une mine à faire sauter, ne craignait pas ensuite d'y mettre le feu malgré sa défense, il était permis de conclure à l'inefficacité complète de ce règlement.

Institution des boute-feu. — Aussi le Directeur Général fit-il paraître l'ordre de service suivant qui constituait l'institution des boute-feu :

« Il est interdit aux ouvriers mineurs de mettre eux-même le feu aux mines qu'ils auront préparées.

« Ils continueront à recevoir les cartouches ; mais les fusées et l'amadou seront remis exclusivement entre les mains des porions, maîtres-mineurs, lampistes ou surveillants-lampistes qui auront pour mission, lors de leurs passages fréquents chacun dans leur district, de faire bourrer les trous de mines en leur présence et d'y mettre eux-mêmes le feu.

« Tout ouvrier qui ferait partir lui-même une mine serait immédiatement renvoyé. »

C'était là une mesure excellente, qui allait immédiatement produire des effets salutaires, mais qui ne devait avoir toute son efficacité que le jour où la découverte des explosifs de sûreté aurait supprimé une partie des dangers encore bien grands du tirage des mines.

L'institution des boute-feu termine cette période, commencée à l'avènement de la ventilation mécanique, et signalée par les accidents les plus nombreux et les plus meurtriers que nous ayons à déplorer.

Résumé de la période de 1852 *à* 1874. — Au début de cette période, le premier ventilateur venait d'être installé à la fosse Bayard; on pouvait espérer que la vulgarisation de cette belle invention suppléerait rapidement à l'insuffisance des foyers et amènerait, à brève échéance, une amélioration sensible dans les conditions de sécurité du travail des mines.

Mais l'imperfection des premiers appareils installés. les vices d'aérage qui paralysaient leur action, amenèrent dès le début une certaine opposition à la substitution de la ventilation mécanique à la ventilation par foyers. Comme les dangers du tirage à la poudre étaient toujours les mêmes et les infractions au règlement sur les lampes de sûreté toujours aussi nombreuses, comme d'autre part le développement considérable des travaux et l'augmentation rapide du personnel donnaient chaque jour plus de violence aux dégagements grisouteux. l'apparition de la ventilation mécanique, loin d'être l'avénement d'une ère d'apaisement, fut saluée par une série d'explosions plus fréquentes, plus violentes et plus meurtrières.

A la Régie et au Moulin, dès le début de la période, à Réussite, Bleuse-Borne, Ernestine, Villars et au Moulin de 1859 à 1861, le tirage à la poudre, la lampe Davy, les imprudences du personnel, tuèrent coup sur coup dix ouvriers. La Compagnie, impuissante à remédier aux

dangers du tirage à la poudre et trouvant dans son personnel une grande répugnance à employer la lampe Mueseler, reporta tous ses efforts vers l'aérage. Elle fit faire des expériences à l'anémomètre et à la poudre, et installa de nouveaux ventilateurs au Verger, à Jean-Bart, à Grosse-Fosse et à Thiers.

Malheureusement ces appareils peu perfectionnés, de faibles dimensions, mus par de mauvaises machines, ne donnèrent pas les résultats qu'on en attendait. A cette époque l'extraction atteignait 1 million de tonnes, et les dégagements de grisou, plus violents que jamais, amenaient successivement les explosions de Turenne, de Davy, de Bleuse-Borne, suivies de la terrible explosion de 1865.

La situation du mineur vis-à-vis du grisou était peut-être plus critique qu'elle ne l'avait jamais été.

L'Administration des mines, désirant avant tout parer aux dangers du tirage à la poudre qui venaient de se traduire par de si terribles malheurs, obtenait de la Compagnie d'Anzin la rédaction d'un règlement sur l'emploi de la poudre, règlement excellent en principe, absolument insuffisant en pratique, parce qu'il laissait entre les mains des ouvriers la poudre et la fusée, et dont l'impuissance s'affirma immédiatement par une série ininterrompue d'infractions, suivies d'inflammations de grisou qui n'eurent d'ailleurs pas tout d'abord de conséquences graves.

En même temps, se révélait une autre source de dangers : la lampe Davy, soumise à des courants d'air animés de vitesses trop considérables dans les travaux grisouteux d'Hérin, causait coup sur coup deux explosions, qui amenaient la Compagnie à faire l'essai de la lampe Mueseler ; mais les résultats de cet essai furent négatifs et la lampe à simple treillis resta seule employée dans les fosses grisouteuses. On se contenta de modifier son système de fermeture, et bon nombre de fosses furent munies de lampes Davy pourvues de la fermeture Dinant.

Cependant la ventilation mécanique n'avait pas fait de grands progrès depuis 1862 ; les accidents qui avaient salué à cette époque l'apparition des nouveaux ventilateurs, leur avaient été en partie imputés, et ce préjugé avait empêché toute amélioration sérieuse, alors que l'extraction, grâce à l'ère de prospérité que traversait l'industrie houillère à la suite de la guerre de 1870, venait d'atteindre deux millions de tonnes.

Cette situation ne manqua pas de produire ses effets, et l'année 1874 fut marquée par trois accidents graves.

Le premier de ces accidents attira sur la réglementation des lampes de sûreté l'attention de l'Administration des mines, qui insista d'une manière toute particulière pour obtenir de la Compagnie d'Anzin une meilleure organisation de la surveillance de ces lampes ; après une longue discussion, il fut décidé que les lampes seraient soumises à l'examen d'un surveillant avant la descente.

Quelques mois après, deux accidents causés par des infractions au règlement de 1865 sur le tirage des mines aboutissaient à l'institution des boute-feu.

De 1852 à 1874, l'extraction s'était élevée progressivement de 720.000 tonnes à 2 millions de tonnes ; le personnel employé était passé de 5.800 à 12.000 ouvriers.

Pendant ces vingt-deux années, dix-sept accidents graves étaient survenus et avaient fait cent seize victimes, dont soixante et onze tués et quarante-cinq blessés grièvement.

Onze de ces accidents s'étaient produits dans les fosses aérées par foyers : ils avaient fait cinquante-quatre victimes, dont 29 tués ; six dans les fosses ventilées mécaniquement, lesquels avaient fait soixante-deux victimes dont quarante-deux tués.

La cause occasionnelle qui avait déterminé ces divers accidents avait été :

	Tués.	Blessés.
Le tirage des mines dans 6 cas de beaucoup les plus meurtriers.	54	12
L'imperfection des lampes de sûreté dans 9 cas, à savoir :		
lampes ouvertes ou mal montées, 6 cas. .	9	14
lampes soumises à des courants d'air trop rapides, 3 cas.	6	19
L'imprudence d'ouvriers pénétrant dans une atmosphère grisouteuse, dans 2 cas (asphyxie).	2	»
	71	45

Cet exposé montre quelle influence terrible le tirage des mines exerçait dans les explosions de grisou, et quels services salutaires l'institution des boute-feu pouvait rendre à une époque où la poudre noire était le seul explosif connu dans les mines.

§ 5. — PÉRIODE 1874-1883.

L'institution des boute-feu, due à l'initiative de la Compagnie, est une des mesures les plus sages qui aient été prises et elle devait avoir d'heureuses conséquences. Il était même permis d'espérer qu'on verrait ainsi disparaître en grande partie les chances d'inflammation ou d'explosion de grisou sur les coups de mine. Mais on ne connaissait pas encore l'influence désastreuse exercée sur les poussières par la poudre noire, principalement dans les coups débourrants, et la stupéfaction des mineurs fut profonde quand ils virent des inflammations et même des explosions se produire dans certains quartiers où le chef le plus expérimenté n'avait pas trouvé la moindre trace de grisou.

Quoi qu'il en soit, c'était là un progrès réel, mais la question de l'éclairage de sûreté restait encore en sus-

pens et elle fut de nouveau soulevée à la suite d'un accident survenu en 1875 à la fosse Dutemple.

Fosse Dutemple, 1875. (Deux brûlés.) — Deux ouvriers d'about, faisant une maçonnerie dans le puits, au-dessus d'un plancher jointif, avaient enlevé les tissus de leurs lampes Davy et travaillaient à feu nu. Lorsqu'ils voulurent relever le plancher, le grisou qui s'était accumulé en dessous s'enflamma et les ouvriers furent brûlés, sans trop de gravité d'ailleurs.

Le ministre des travaux publics invita la Compagnie à « présenter un projet de dispositions à adopter dans le but d'organiser efficacement la surveillance des lampes » et lui fit observer « qu'il avait paru regrettable au Conseil général des mines qu'elle s'en tînt à l'emploi des lampes à simple treillis au lieu d'admettre les lampes Mueseler qui, grâce à une plus grande puissance d'éclairage, pouvaient être employées dans des travaux où la lampe Davy ordinaire était insuffisante et qui offraient, en outre, de meilleures conditions de sûreté. »

La Compagnie répondit au premier *desideratum* par la publication du règlement suivant :

Règlement concernant l'emploi des lampes de sûreté (1877).

« *Art.* 1er. — Il est rappelé qu'aucune lampe de sûreté ne doit être remise pour la descente dans les fosses qu'après avoir été allumée et fermée.

« Lorsqu'il s'agit de la descente des ouvriers dans une mine en exploitation, les lampes passent entre les mains d'un surveillant spécial préposé à l'entrée du puits, qui s'assure de la fermeture et les remet ensuite aux ouvriers. En dehors des heures de descente, le lampiste est chargé de remettre des lampes allumées et fermées par lui aux ouvriers qui doivent descendre ; en outre, la vérification de la fermeture doit être faite avant la descente par le porion de clichage.

« Les prescriptions contenues dans les paragraphes ci-dessus

ne s'appliquent pas aux chefs et aux ouvriers d'about chargés de la visite et de l'entretien des puits et des systèmes guidés, qui emploieront des lampes à feu nu. Cependant ils feront usage des lampes de sûreté dans les puits de sortie d'air, quand ces puits seront affectés à l'aérage des travaux où les lampes de sûreté seront en usage.

« *Art.* 2. — Lorsque dans une mine où l'on emploie des lampes à feu nu, le grisou apparaîtra sur certains points et que l'usage des lampes y deviendra nécessaire, on préviendra immédiatement les ouvriers par des affiches apposées dans les bâtiments de la fosse, qu'il leur est interdit d'entrer dans cette partie des travaux, à moins d'être munis de lampes de sûreté. De plus, un poteau indicateur, muni d'une plaque portant de manière très visible « *mine à grisou* », posé à l'entrée des galeries interdites et éclairé par une lampe dans les moments de travail, avertira le personnel que là s'arrête l'autorisation de voyager avec des lampes à feu nu et que, pour passer au delà, il faut avoir des lampes de sûreté.

« *Art.* 3. — Toute infraction à ces prescriptions sera punie, pour la première fois, d'une amende de 5 francs; en cas de récidive, l'amende sera doublée; à la troisième infraction, le renvoi des travaux de la Compagnie sera prononcé.

« Lesdites peines seront infligées sans préjudice de celles qui pourront être encourues par application des articles 22 et 30 du décret du 3 janvier 1813 et du titre X de la loi du 21 avril 1810 ».

Ce règlement reçut l'approbation du Conseil général des mines.

Pendant qu'on préparait ce règlement, un nouvel essai de la lampe Mueseler eut lieu à la fosse du Chaufour, mais souleva immédiatement des réclamations si vives qu'on fut obligé d'y renoncer. On continua à se servir des lampes à simple treillis et à fermeture Dinant. Mais, en même temps, on plaçait la question de sécurité des mines grisouteuses sur son véritable terrain en disant que « le véritable moyen d'éviter les explosions de grisou consiste à établir des ventilateurs puissants et à avoir des galeries d'exploitation suffisamment larges et bien entretenues. »

Installation de nouveaux ventilateurs. — En effet, la Compagnie entrait résolument dans cette voie en installant quatre ventilateurs Guibal de 9 mètres de diamètre aux fosses La Pensée, Hérin (deux) et Outre-Wez. Les communications d'aérage étaient partout étudiées avec soin de manière à ne plus contrarier, par un mauvais aménagement du courant d'air, l'effet des appareils de ventilation. Ces excellentes dispositions, jointes aux sages mesures adoptées au point de vue de la surveillance du tirage des mines et des lampes de sûreté, eurent une influence salutaire sur la sécurité dans les fosses grisouteuses.

Des renseignements fournis par les directeurs, à la fin de l'année 1877, établissaient que la surveillance des lampes se faisait avec beaucoup de soin. Dans le courant de l'année, sur 1.796.400 lampes de sûreté descendues dans la mine, 1.455 avaient été présentées sans que la fermeture fût parfaite, soit une lampe sur 1.200 environ. Pour empêcher les ouvertures, dans les chantiers, des lampes éteintes, on s'était décidé à faire circuler, dans les exploitations, des galibots, porteurs de lampes de rechange, mettant ainsi en pratique ce principe que le remplacement rapide et facile des lampes éteintes est aussi désirable que le meilleur système de fermeture.

Les directeurs estimaient, d'autre part, que l'institution des boute-feu avait réduit le nombre des inflammations de grisou au quart de ce qu'il était auparavant. « L'innovation de surveillants spéciaux pour mettre le feu aux mines, disait le directeur de Saint-Vaast, est une excellente mesure qui évite certainement de terribles catastrophes. Il a été constaté que nombre de fois ces surveillants avaient dû s'abstenir de faire jouer la mine dans des endroits dangereux où des ouvriers, même expérimentés, auraient pu ne pas prendre les mêmes précau-

tions. Aussi attachons-nous une grande importance à cette institution, et la regardons-nous comme indispensable dans les mines du genre de celles de la deuxième division, où il n'y a pas une seule exploitation qui ne dégage plus ou moins de grisou. »

Inflammations de poussières au Chaufour. — Quand le nouveau règlement de 1874 eut exigé, pour le tirage des mines, la présence de chefs expérimentés, on put étudier de plus près les inflammations qui se produisaient sur les coups de mine. Grande fut la surprise des boutefeu du Chaufour, quand ils virent des inflammations se produire dans des chantiers où il leur avait été impossible de constater la présence du gaz avant et après l'explosion des coups de mine.

Ils ne pouvaient invoquer la présence de fissures mises à nu par le coup de mine et livrant passage au gaz. Il fallait chercher ailleurs la cause de ces inflammations et admettre l'intervention d'un nouvel ennemi peu ou point connu. C'est ainsi qu'on fut amené à découvrir le rôle important joué par les poussières dans les inflammations et explosions sur coups de mine.

Voici d'ailleurs le rapport dans lequel le directeur de la première division faisait part de son opinion à ce sujet :

« Depuis un mois et demi, on s'est aperçu de plusieurs inflammations après l'explosion de mines chargées de 300 à 400 grammes de poudre comprimée et tirées dans des cuerelles très dures. Les trous de mine étaient dirigés dans le sens de la voie ; la flamme produite par l'inflammation de la poudre était d'une longueur anormale, et pourtant le surveillant des mines a constaté chaque fois qu'il n'y avait aucun dégagement de gaz avant ni après l'explosion.

« Il n'est pas extraordinaire de voir la flamme prove-

nant de l'explosion communiquer le feu aux couvertes qu'on place près de là pour diriger le courant d'air, quand ces couvertes sont peu éloignées ; mais on n'avait pas encore remarqué le cas d'une inflammation qui remplissait la galerie sur une étendue qu'on croit avoir atteint 18 mètres en arrière de la mine ; à l'une des mines le feu prenait même au boisage.

« La chaleur est considérable ; les outils sont chauffés et le poussier de charbon qui recouvre la voie brûle au point de ne pouvoir le tenir dans la main.

« Les mineurs et les surveillants partagent notre avis que l'inflammation est produite par la forte charge de poudre dont la flamme se communique au poussier de charbon gras amoncelé près de là par le courant d'air ascendant.

« Le charbon est très sec et poudreux. La vitesse du courant d'air est de 3 à 4 mètres par seconde.

« Ce qui nous confirme dans notre opinion sur l'inflammation des poussières, c'est que chaque fois qu'on a fait jouer une deuxième mine dans la même voie, le cas d'inflammation ne s'est plus représenté par la raison que le poussier avait été brûlé ou balayé par la première détonation. »

Ces faits se passaient dans Grande-Veine du Midi, en droit, au niveau de 630 mètres ; le courant d'air ascensionnel, qui parcourait avec une grande vitesse les tailles de cette couche très poussiéreuse, entraînait une quantité considérable de poussières. Arrivé au sommet des tailles, le courant d'air subissait, pour entrer dans les voies, un brusque changement de direction qui déterminait la précipitation d'une grande partie de ces poussières, à l'endroit même où les ouvriers devaient faire jouer des mines pour le creusement des voies. Les trous de mine, dirigés dans le sens même de la voie à travers des cuerelles très dures, étaient fortement chargés de

poudre noire et sans doute bourrés souvent avec des poussières. Dès lors, l'explosion était parfois accompagnée de la projection d'une flamme qui mettait le feu aux poussières et s'étendait ainsi sur des longueurs de 10 et 15 mètres. Ainsi fut découvert le rôle considérable joué par les poussières dans les inflammations sur coups de mine; ces événements n'eurent d'ailleurs pas de conséquences graves.

L'exploitation se poursuivait depuis 1877 sans incidents notables, quand un accident sérieux se produisit, à la fosse Bonne-Part, dans la veine Masse.

Fosse Bonne-Part, 5 *avril* 1880. (Un tué, un blessé.) — Personne ne s'attendait à voir le grisou manifester sa présence à la fosse Bonne-Part, située dans la concession de Fresnes (charbons maigres), quand le lundi 5 avril 1880, deux ouvriers pénétrant dans leur taille avec leur lampe à feu nu au chapeau, comme ils en avaient l'habitude, furent surpris par une explosion de grisou. Tous deux furent brûlés : l'un mourut quelques jours après, l'autre survécut à ses blessures.

Les lampes de sûreté furent immédiatement prescrites dans les travaux de Bonne-Part et l'on s'occupa très sérieusement d'améliorer l'aérage.

Fosse l'Enclos, 29 *avril* 1880. (Deux tués, un blessé.) — Le 29 avril 1880, vers 7 heures du soir, le grisou fit explosion sur un coup de mine à la deuxième voie de la veine Edouard levant, à l'étage de 374 mètres.

Deux ouvriers venaient de forer une mine et avaient appelé le surveillant boute-feu pour bourrer la mine et enflammer la fusée. Après avoir visité la voie et s'être assuré qu'il n'existait pas de grisou, le boute-feu alluma la fusée. L'explosion de la mine fut accompagnée d'une violente détonation de gaz qui brûla grièvement les trois

hommes. Le boute-feu seul survécut à ses blessures, les deux ouvriers succombèrent au bout de quelques jours, non sans avoir affirmé qu'il n'y avait aucune trace de grisou dans la voie, au moment où on avait fait sauter la mine, et que toutes les précautions en usage avaient été prises.

En l'absence d'explications plus plausibles, on dut attribuer l'explosion à la présence d'un soufflard qui aurait été mis à découvert par le coup de mine.

Fosse Renard, 29 *octobre* 1881. (Sept blessés.) — L'année suivante, un accident à peu près semblable se produisit à la fosse Renard, dans une voie de la veine Edouard, niveau de 476 mètres. Le 29 octobre 1881, des ouvriers ayant foré une mine au toit de la septième voie. appelèrent le surveillant boute-feu pour procéder au bourrage et à l'allumage de la fusée. Ils étaient à peine éloignés de 30 mètres qu'une détonation se fit entendre et qu'ils furent enveloppés de flammes. L'inflammation s'étendit jusqu'au milieu des sixièmes tailles, levant et couchant, où elle atteignit cinq autres ouvriers. Les sept victimes ne furent d'ailleurs que légèrement brûlées.

L'enquête immédiatement ouverte ne fournit guère de renseignements, et on se perdit en conjectures sur la cause de l'accident. L'aérage était très actif et parfaitement dirigé; tous les témoignages étaient unanimes à déclarer qu'il n'y avait pas trace de grisou. Mais le coup de mine, chargé de 300 grammes de poudre noire, avait fait canon et était dirigé sur un amas de poussières. Il est probable que l'explosion était due à cette circonstance.

Installation de nouveaux ventilateurs à Orléans et Dutemple. — Émus par ces divers accidents, les exploitants, impuissants à conjurer le danger que présentait la

poudre noire, dirigèrent leurs efforts vers l'aérage, et de nouveaux ventilateurs furent installés à Orléans (Lemielle de 7 mètres de hauteur) et à Dutemple (Guibal de 9 mètres).

Améliorer les conditions d'aérage, veiller à la stricte observation des prescriptions sur le tirage des mines, était le seul moyen de combattre les dangers du tirage à la poudre. La Compagnie marchait résolument dans cette voie, mais la lutte était difficile; le vœu concernant les explosifs de sûreté était resté lettre morte. L'emploi de la poudre noire constituait un grand danger et amenait de nombreuses inflammations de gaz, la plupart sans conséquences fâcheuses d'ailleurs, mais qui prouvaient combien on était loin d'avoir dompté l'éternel ennemi des mineurs.

A côté de ces inflammations sans conséquence, quelques-unes donnèrent lieu à des explosions redoutables dont nous allons faire le récit.

Fosse d'Hérin, 1882. (Trois blessés.) — Dans le courant de l'année 1882, la fosse Hérin fut le théâtre d'un événement de ce genre.

Deux ouvriers occupés au rauchage d'une voie de fond, avaient foré au toit un trou de mine de $0^{m},20$ de profondeur; le boute-feu avait allumé la mèche, après s'être assuré par une inspection minutieuse qu'il n'y avait pas de grisou dans l'air, et s'était retiré avec les deux mineurs à la partie supérieure d'une cheminée, dont le pied se trouvait à 20 mètres environ du trou de mine.

La mine débourra et détermina une inflammation de grisou ou de poussières (on ne put jamais déterminer la véritable cause de l'explosion) et vint brûler grièvement les trois ouvriers.

Fosse Turenne, 21 *février* 1883. (Huit tués, deux blessés.) — L'année suivante, la fosse Turenne fut le théâtre d'un

des coups de grisou les plus graves que la Compagnie ait eu à déplorer.

A la suite de la catastrophe de 1865, l'extraction annuelle de cette fosse était tombée de 70.000 tonnes à 20.000 tonnes. Puis les travaux avaient été abandonnés de 1869 à 1876 : l'exploitation avait été reprise en 1876 et l'extraction s'était élevée progressivement jusqu'à 100.000 tonnes.

En 1882, le vieux ventilateur de Bayard avait disparu et la fosse Turenne était aérée par un Guibal de 9 mètres de diamètre, installé à Ernestine, qui déterminait un appel d'air de 27 à 28^{m^3} par seconde et une dépression de 60 millimètres d'eau.

Une explosion de grisou se produisit le 21 février 1883, à 5 heures du soir, c'est-à-dire au commencement de la coupe à terres. Elle fut déterminée par un coup de mine, dans la première voie de la veine Édouard couchant au niveau de 466 mètres.

Comme toujours en pareil cas, les circonstances de l'accident furent difficiles à reconstituer, car les ouvriers qui auraient pu donner des indications utiles, furent les premiers atteints.

Les deux ouvriers qui faisaient le creusement de la voie de fond avaient préparé un coup de mine au toit de la veine, le boute-feu avait chargé la mine et y avait mis le feu ; puis tous trois s'étaient retirés à 50 mètres en arrière, à l'entrée d'un recoupage. A ce moment, sept autres ouvriers se trouvaient dans le même quartier. L'explosion les atteignit tous : des dix victimes, six furent retrouvées mortes, et deux autres moururent le lendemain de l'accident. La détonation fit sentir ses effets jusqu'au pied du puits d'Ernestine, à 300 mètres de distance. Deux raccommodeurs qui se trouvaient en cet endroit furent renversés par le courant d'air et eurent leurs lampes éteintes.

Dans ce triste accident, la cause occasionnelle était évidemment le coup de mine. La cause originelle fut plus difficile à établir.

Le boute-feu était un chef très sérieux et considéré comme très vigilant par les ouvriers. Effectivement, au lendemain de l'accident, pas une voix ne s'éleva pour en faire peser sur lui la responsabilité. Il était donc peu probable qu'il eût manqué à son devoir et mis le feu à la mine sans avoir fait au préalable les constatations prescrites par les règlements.

L'examen des conditions d'aménagement du courant d'air dans le quartier de l'explosion, fit naître dans les esprits une hypothèse qui semble fournir une explication plausible de l'accident. L'air qui passait sur la voie de fond ventilait deux tailles situées en amont et un montage dont le pied n'était fermé qu'avec des couvertures. Lorsqu'on déplaçait ces couvertures soit pour rouler du charbon, soit simplement pour circuler, le montage se remplissait de grisou. On peut se figurer dès lors, par un simple mouvement des couvertures, le grisou chassé et arrivant sur le coup de mine, précisément au moment de l'explosion de celle-ci.

L'accident que nous venons de relater montre que l'institution des boute-feu, malgré tous ses avantages, ne supprime pas toutes les causes de danger. L'inspection de l'état de l'atmosphère, aux abords immédiats d'un trou de mine, n'est pas suffisante. En effet, dans une galerie de mine où l'air est en mouvement, l'état de l'atmosphère peut varier notablement entre le moment où le boute-feu fait son inspection et le moment où la mine fait explosion. Si la vitesse de l'air est par exemple de 1 mètre par seconde et si la mèche brûle pendant 60 secondes, le grisou qui se trouve à 60 mètres de distance peut constituer une atmosphère explosible au moment de la détonation du coup de mine.

Essai nouveau des lampes Mueseler. — Cet accident entraîna l'abandon de la veine Édouard. On décida en même temps de faire un nouvel essai des lampes Mueseler ; quelques chefs furent munis de lampes de ce type, mais l'insuccès fut le même que dans les tentatives précédentes.

§ 6. — PÉRIODE 1884-1892.

L'explosion de Turenne devait être une des dernières manifestations du grisou à Anzin pendant la période qui nous occupe : une inflammation sans conséquences graves à Vieux-Condé, en 1884, une petite explosion à Renard, en 1887, où les poussières jouèrent un rôle prépondérant, sont les seuls accidents que nous ayons encore à signaler.

Cette accalmie qui dure depuis bientôt dix ans se continuera-t-elle encore quelque temps ? En présence d'un ennemi dont les retours offensifs sont toujours à craindre, personne n'oserait répondre à cette question. Nous verrons en effet, dans le cours de la période 1884-1892, deux soufflards très violents envahir brusquement deux quartiers de mine absolument sains, où une catastrophe n'a été évitée que grâce à l'état parfait des lampes.

Réorganisation du service de l'aérage en 1884. — La première amélioration importante réalisée après l'explosion de Turenne fut la réorganisation du service de l'aérage.

Les efforts des années précédentes s'étaient particulièrement portés sur l'augmentation des volumes d'air : l'année 1882 notamment avait été marquée par l'installation de trois nouveaux ventilateurs. Mais l'aménagement des courants d'air dans les travaux n'avait pas progressé

aussi rapidement; les *Principes à consulter* de la Commission du Grisou, dont la publication était d'ailleurs toute récente, étaient loin d'être appliqués dans tous leurs détails. On se contentait, pour ce qui concerne le jaugeage des courants, de mesurer les volumes d'air passant dans les principaux retours, sans se rendre exactement compte de la répartition des courants et de leur utilisation dans les chantiers d'abatage. Du reste dans les divisions de Saint Vaast et de Denain, le grisou marquait franchement à la lampe Davy, dans un grand nombre de points. La vigilance d'un personnel d'élite, l'habileté légendaire des mineurs d'Anzin étaient souvent mises à l'épreuve.

Aussitôt après l'accident de Turenne, on étudie et l'on met en pratique le nouveau service d'aérage, basé sur les principes de la Commission du Grisou.

Des plans spéciaux d'aérage sont établis pour chaque puits et mis à jour tous les mois. Des registres spéciaux sont dressés pour recevoir toutes les observations relatives à l'aérage. Chaque mois, tous les courants sont mesurés à leur origine, c'est-à-dire à l'entrée des principales galeries, et à leur extrémité près des fronts de taille.

Il ne suffit pas, en effet, que le ventilateur débite un nombre de mètres cubes d'air suffisant pour que la mine soit assainie dans son ensemble: il faut surtout que la répartition soit faite entre les différents chantiers d'abatage et que l'utilisation de l'air soit complète. Pour cela c'est à fronts de taille, c'est-à-dire aux points dangereux, que les jaugeages doivent être exécutés.

L'utilisation et la répartition des courants, suivant l'importance des chantiers, sont calculées et consignées sur des feuilles spéciales dont le modèle est le suivant :

FOSSE • DIVISION.

Conditions d'aérage au

Volume d'air extrait et utilisation de ce volume.

DÉSIGNATION	VOLUMES ramenés à 0° 760mm	POUR CENT du volume d'air extrait	OBSERVATI[ONS]
Volume total d'air extrait à la surface.	. . . .	. . . .	
Volume d'air arrivant au puits d'appel (mesuré dans les retours).	. . . .	. . . .	
Volume d'air initial (mesuré à l'entrée des bowettes)	. . . .	. . . .	
Volume d'air entrant (mesuré à l'entrée des quartiers).	. . . .	. . . .	
Volume d'air à fronts (mesuré près des fronts de taille)	. . . .	. . . .	

Répartition des volumes par quartier, par ouvrier et par tonne.

DÉSIGNATION des quartiers	VOLUME D'AIR entrant dans le quartier			NOMBRE de tailles	NOMBRE d'ouvriers occupés le matin	PRODUCTION journalière	LITRES D'AIR (par seconde)				TENEUR en grisou dans le retour
							par ouvrier		par tonne		
	Frais	ayant servi	TOTAL				Apparent	Frais	Apparent	Frais	
	m. cub.	m. cub.	m. cub.			tonnes.					

Ces feuilles de renseignements, ainsi que les plans d'aérage, sont établis chaque mois par les ingénieurs de chaque fosse et adressés à un service central où ils sont l'objet d'un minutieux examen. Des critiques sont souvent formulées, des discussions surgissent, et s'il

n'en résulte pas chaque fois une amélioration nouvelle, au moins l'esprit est toujours en éveil et les moindres recommandations sont sans cesse renouvelées, dans le but d'éviter tout vice d'aérage.

En même temps qu'on organisait le service du contrôle de l'aérage, on s'attachait, d'autre part, à faire entrer dans les habitudes les principes de l'aérage théorique, division des courants, indépendance des quartiers, marche ascensionnelle de l'air dans les chantiers, etc.

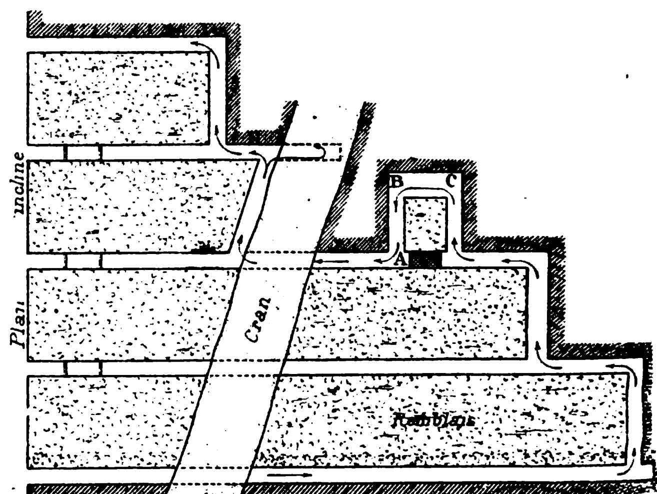
Mesures prises pour assurer le balayage du grisou dans les chantiers en remonte. — A la suite de l'accident de Turenne, on avait admis que l'explosion ne se serait sans doute pas produite si une estoupée absolument étanche avait remplacé la couverture placée au pied du montage de la veine Edouard. Une simple porte ou une couverture peuvent en effet donner lieu à des oublis regrettables, et il a paru nécessaire d'interdire ce mode dangereux de ventilation. On a donc prescrit l'usage de l'estoupée (les mineurs désignent par ce mot un barrage exécuté pour obstruer un passage quelconque).

Le croquis ci-après (p. 676) représente la disposition d'une taille en remonte, au delà d'un cran, avec une estoupée au pied.

Qu'au lieu d'un barrage ou estoupée A, on emploie une simple porte ou une couverture, l'imprudence d'un herscheur qui laisse la porte ouverte amènera une accumulation de gaz dans la partie BC. La fermeture de la porte enverra ensuite dans les chantiers supérieurs un certain volume de grisou, suffisant pour que le contact d'une lampe défectueuse amène une explosion grave.

Ce moyen, qui gêne la circulation, a pu paraître au début très exagéré et susceptible d'entraver l'exploitation. Mais on s'y est habitué et nous attachons la plus grande importance à son exécution. C'est évidemmen

un détail dans l'aménagement d'un courant d'air, mais les détails ont une si grande importance dans l'exploitation des fosses à grisou !



Dans le même ordre d'idées, on a imaginé un système d'enclenchement des portes d'aérage. Quand le besoin s'en fait sentir, les deux portes sont conjuguées de telle façon que l'une ne puisse être ouverte sans que l'autre soit fermée. Les négligences des herscheurs sont ainsi supprimées, et avec elles bien des surprises.

Fosse Vieux-Condé, 7 *janvier* 1884. (Un blessé.) — Au moment où tous les efforts sont concentrés dans les fosses à grisou, ce terrible gaz semble vouloir nous tourner et nous attaquer à la fosse Vieux-Condé, dans le faisceau maigre où sa présence n'avait pas encore été constatée.

A cette époque, les lundis et lendemains de chômage, un surveillant devait visiter les travaux avant la descente des ouvriers. Le lundi, 7 janvier 1884, le surveil-

lant constata, au moyen d'une lampe Davy, la présence du grisou dans un petit montage.

Pour s'assurer que la lampe de sûreté ne le trompait pas, il eut la naïveté de faire un essai avec une lampe à feu nu. Une inflammation se produisit, qui le brûla, très légèrement d'ailleurs.

Introduction de la lampe Marsaut (1885.) — La lampe Davy restait encore, à Anzin, la seule lampe de sûreté en usage dans les travaux souterrains, et son emploi devenait d'autant plus dangereux que les améliorations apportées dans l'aérage rendaient les courants d'air plus énergiques.

Un nouvel essai de lampes plus perfectionnées fut tenté à l'Enclos. Une vingtaine de lampes Marsaut furent distribuées aux mineurs de cette fosse. Ce fut d'abord un concert de plaintes : poids élevé, extinctions fréquentes, etc., mais on tint bon, et ce nouveau mode d'éclairage fut adopté dans tous les travaux de l'Enclos.

De proche en proche, toutes les fosses grisouteuses de la Compagnie furent munies de lampes Marsaut et, comme cela arrive souvent en pareil cas, les ouvriers, une fois habibués aux nouvelles lampes, ne tardèrent pas à déclarer que la lampe Marsaut était infiniment supérieure sous tous les rapports à la lampe Davy. Cette dernière lampe ne fut admise, à titre provisoire, que dans les quartiers indemnes de grisou, et les surveillants la conservèrent encore pendant quelque temps pour l'allumage des mines et la recherche du gaz. Cette longue lutte de quarante ans était terminée et les mineurs d'Anzin avaient enfin entre les mains une lampe plus sûre, avec laquelle ils pouvaient lutter dans de meilleures conditions contre l'éternel ennemi (*).

(*) Peu de temps après, fut adoptée, pour toutes les lampes

Mise à l'épreuve de la lampe Marsaut. — Peu de temps après l'introduction de cette lampe, un soufflard très violent de grisou fit irruption dans une bowette dirigée de l'Enclos vers la fosse d'aérage Ernestine. Un poste de huit ouvriers travaillait dans cette bowette avec la perforation à air comprimé : l'explosion d'une série de coups de mine mit à découvert, dans un banc de cuerelles, des cassures qui donnèrent lieu à un dégagement considérable de grisou. Le gaz envahit très rapidement 200 mètres de galerie, la vitesse du courant était suffisante pour faire passer la flamme au travers du tissu de la lampe Davy. Les ouvriers virent leurs lampes Marsaut s'éteindre, et le surveillant put les faire battre en retraite sans danger. L'expérience était concluante, et la cause définitivement gagnée.

Lampe Pieler (1885.) — Toutes les améliorations introduites dans le service de l'aérage avaient produit cet heureux résultat que le grisou ne marquait plus que très rarement sur la lampe du mineur. Mais voici qu'on annonce un nouvel indicateur, la lampe à alcool Pieler, capable de déceler moins de 0,50 p. 100 de grisou. Elle est immédiatement mise en service dans les travaux et nous montre que, dans bien des quartiers, il existe du grisou dont on ne soupçonnait pas la présence ou que la proportion est plus élevée que nous ne le supposions. Après un premier moment de stupeur, l'impression qui se dégage de ces expériences est qu'il reste beaucoup à faire et *qu'il faut augmenter encore le volume d'air* circulant dans les travaux.

La lampe Pieler est trop connue pour qu'il soit utile d'en donner la description. A côté des précieux services

---

de sûreté, la fermeture au rivet de plomb, trop connue pour qu'il soit utile d'en donner ici la description.

u'elle peut rendre, il faut convenir que son emploi n'est as sans dangers. Mais des modifications radicales résultant d'une étude approfondie viennent d'être apporées dans la construction de cette lampe par M. Ches-eau, ingénieur des mines (*). La lampe, ainsi modifiée, evient un appareil très sûr en même temps qu'un grioumètre très exact. Le problème si délicat de la recherche lu grisou ne pouvait être résolu d'une façon plus com-plète.

Ventilateur Ser (1885). — En même temps que la lampe Marsaut faisait son apparition dans les travaux de la Compagnie, un nouvel appareil de ventilation venait d'y être adopté. M. Ser, après avoir publié son essai sur la théorie des ventilateurs à force centrifuge, avait fait construire un ventilateur de 2 mètres de diamètre.

Cet appareil avait figuré à l'exposition d'Amsterdam, et les excellents résultats obtenus avaient attiré l'attention de la Compagnie d'Anzin, qui en fit l'acquisition et l'installa à la fosse du Moulin pour la ventilation des fosses Saint-Louis et Bleuse-Borne (**).

Cette installation marque le début d'une nouvelle période dans le choix des appareils de ventilation. Depuis longtemps déjà, le Guibal régnait sans conteste dans notre région : à l'apparition du ventilateur Ser et plus récemment du ventilateur Rateau, l'opinion se porte de préférence vers ces petits ventilateurs à grande vitesse qu'on a désignés sous le nom caractéristique de *coureurs rapides*.

Suppression des derniers foyers dans les fosses à grisou. Installation de nouveaux ventilateurs. — Nous avons dit

(*) Voir *Annales des mines*, 2e vol. 1892 (*supra*), p. 203.
(**) *Industrie minérale*, t. XV, 1re livraison 1886.

tout à l'heure que l'usage de la lampe Pieler nous avait déterminés à augmenter encore le volume d'air circulant dans la mine.

Il existait encore trois foyers d'aérage aux fosses d'Haveluy, Rœulx, Casimir. Ces foyers furent supprimés et remplacés par des ventilateurs mécaniques, Guibal et Ser. Ainsi disparut, dans nos fosses grisouteuses, l'antique foyer d'aérage qui avait rendu autrefois de grands services, mais qui était devenu insuffisant par suite du développement de l'extraction.

Tromomètre à Hérin (1886.) — A la suite d'un voyage de M. de Chancourtois en Italie, deux appareils sismographiques avaient été installés en 1885 à l'École des mines de Paris. La discussion était engagée au sujet de l'influence que pouvaient présenter les mouvements de l'écorce terrestre dans les dégagements de grisou. Un tromomètre fut installé à la fosse d'Hérin (étage de 250 mètres) et donna lieu à des observations suivies pendant deux années, mais sans résultats probants (*).

Fosse Renard, 10 *décembre* 1887. (Un brûlé, un asphyxié.) — Par suite de l'agrandissement des retours d'air et de l'installation de nouveaux ventilateurs, le volume d'air continuait à croître sans cesse. Au lieu de 249 mètres cubes par seconde qu'on extrayait, en 1883 dans les dix-sept fosses de la Compagnie, on était arrivé à 375 mètres cubes : le grisou devenait plus rare, mais en même temps les poussières, portées par des courants rapides, formaient certaines accumulations dangereuses, et le dernier accident que nous avons à relater va nous avertir que ce nouvel ennemi n'est pas négligeable. La question du tirage des mines n'avait d'ailleurs pas fait

(*) *Annales des mines*, 1er vol. 1888, p. 409 et suiv.

de progrès, et la poudre noire était à peu près le seul explosif en usage.

Le 10 décembre 1887, au commencement du poste de la coupe à terres, une explosion se produisit sur un coup de mine à la deuxième voie chassante de la veine Renard levant, au niveau de 476 mètres.

Un trou de mine plongeant vers le sol, sur un amas de charbon, avait été préparé par les ouvriers et chargé de 200 grammes de poudre noire comprimée. Le bourrage était fait avec des poussières, de l'aveu même des ouvriers qui avaient foré le trou de mine. Le coup fit canon et détermina une explosion qui brûla grièvement le boute-feu. Deux ouvriers qui se trouvaient non loin de là eurent leurs lampes éteintes par la violence de la commotion : affolés ils s'enfuirent, mais l'un d'eux s'égara dans l'obscurité et pénétra dans une galerie en cul-de-sac où il fut asphyxié. Le courant d'air se rétablit d'ailleurs très vite et l'on put pénétrer rapidement dans les travaux. Toutes les conditions se trouvaient réunies dans cet accident pour faire présumer un coup de poussières : emploi de la poudre noire, bourrage avec des poussières, coup débourrant.

Après l'accident du 10 décembre 1887, la Compagnie recommanda diverses précautions en vue de rendre le tirage des mines moins dangereux en présence des poussières : interdiction de bourrer les mines avec du charbon, de forer des trous plongeant sur le sol, etc. En même temps, de longs et coûteux essais furent entrepris pour réduire le nombre des coups de mine avec l'emploi des bosseyeuses. Ces essais furent d'ailleurs infructueux, le remède n'était pas là. Mais qu'il s'agît de poussières ou de grisou, la cause occasionnelle de l'explosion était bien connue : c'était la *poudre noire*.

Nous avons vu qu'en 1824 les exploitants avaient formulé un vœu en faveur de la découverte d'un explosif de

sûreté qui rendit, au point de vue du tirage des mines, les mêmes services que la lampe Davy avait rendus sous le rapport de l'éclairage dans les mines à grisou. Ce vœu était resté tout platonique, et la poudre noire était à chaque instant la cause d'explosions nombreuses qui présentaient parfois une terrible gravité.

Historique de l'emploi des explosifs dans les mines. — Les explosifs employés par les mineurs, il y a quelques années, étaient la poudre noire et la dynamite.

Poudre noire. — La poudre noire en grains, qui fit sa apparition dans les carrières vers 1615, n'avait subi aucune modification jusqu'en 1873, époque à laquelle on présenta aux mineurs la poudre comprimée, d'un emploi plus commode, mais qui présentait le même danger au point de vue du grisou.

Explosifs brisants. Coton-poudre. — Le coton-poudre, inventé par Pelouze vers 1838, ne trouva pas d'application dans les mines à cause de son prix élevé.

Nitroglycérine. — La nitroglycérine, inventée en 1847 par Sobrero, ne rendit des services que vers 1863, après que l'ingénieur suédois Nobel eût trouvé qu'elle détonait facilement sous l'influence d'un choc violent produit par une certaine quantité de poudre de mine ou par une capsule au fulminate de mercure.

Son emploi à l'état liquide présentait beaucoup d'inconvénients, et l'explosif ne devint réellement pratique que lorsqu'on le présenta sous la forme de dynamites à bases inertes ou à bases actives.

On employait les dynamites à Anzin avant 1870, mais leur prix élevé (9 francs le kilogramme, tandis que la poudre noire coûtait 2^{f},20) et quelques déboires résultant des mauvaises fabrications du début, firent que cet explosif ne se répandit pas aussi rapidement qu'il le méritait. Il fut en quelque sorte réservé pour certains

travaux spéciaux, creusements de puits ou de galeries au rocher.

En 1885, on commença à employer la dynamite-gomme, mélange de nitroglycérine, de coton-poudre et de nitrate de soude, dont les effets furent excellents au point de vue de la puissance mécanique.

Bourrages à l'eau. — L'année suivante (1886) fut le point de départ d'une campagne entreprise pour rendre inoffensive la flamme des coups de mine, en entourant l'explosif (poudre noire ou dynamite) d'eau qui avait pour mission d'éteindre la flamme. C'est dans cet ordre d'idées qu'on employa la cartouche Settle, la bourre de sûreté Chalon, la Wetter-dynamite.

Tous ces procédés furent essayés successivement à Anzin : le danger au point de vue du grisou était diminué, mais non supprimé, et la force explosive était surtout beaucoup moindre.

Apparition des explosifs de sûreté (1888). — La question restait toujours très obscure quand la Commission française des substances explosives publia, dans deux rapports en date du 5 juillet et du 8 novembre 1888 (*), les résultats de ses remarquables travaux. Il n'entre pas dans le cadre de ce rapide historique de rappeler la propriété du retard à l'inflammation que présente le grisou et de publier à nouveau les expériences de Sevran-Livry qui aboutirent à l'une des découvertes les plus importantes que l'art des mines ait eu à enregistrer. On trouvera, dans les rapports de M. Mallard (**), tous les documents qui sont relatifs à la question.

(*) *Annales des mines*, 8e série, t. XIV (2e vol. de 1888).

(**) *Annales des mines*, 2e vol. de 1888. — *Industrie minérale*, 3e livraison 1889. (Comptes rendus mensuels, mars 1890.)

Les premiers essais eurent lieu aux mines d'Anzin, en septembre 1888, avec des mélanges binaires préparés par la poudrerie nationale de Sevran-Livry. Faut-il dire que tout d'abord les mineurs éprouvèrent une certaine répugnance à employer ces nouveaux explosifs? Tout le monde sait combien les tâtonnements sont pénibles et les résistances difficiles à vaincre. « Les nouveaux explosifs, nous disait-on, ne pourront certainement pas allumer le grisou, car ils ne détonent pas! »

Un des ingénieurs de la Compagnie, d'un zèle à toute épreuve, M. Chénet, que la mort vient malheureusement de nous enlever, fut attaché d'une façon spéciale à ces essais et assista au tirage de *tous les coups de mine* chargés avec les explosifs expérimentés. Nous avions la *foi* et le désir le plus ardent de voir réussir ces essais: au bout de peu de temps, nous pouvions indiquer les explosifs qui, avec certaines modifications, nous paraissaient réellement pratiques. Nous fîmes immédiatement appel à l'industrie privée, et la Société générale de dynamite se prêta avec le plus grand empressement à tous les essais de fabrication qui lui furent demandés. Il nous fut facile dès lors d'obtenir rapidement des mélanges de dynamite-gomme et d'azotate d'ammoniaque présentant l'aptitude nécessaire à la détonation avec les températures admises par la Commission.

Bref, les expériences avaient eu lieu fin 1888; au mois de juin 1889, les explosifs de sûreté étaient seuls employés dans nos exploitations grisouteuses. Anzin, qui s'était engagé lentement dans la voie de l'éclairage perfectionné, adoptait cette fois, pour ainsi dire du jour au lendemain, l'emploi des explosifs de sûreté. D'autres Compagnies avaient suivi le mouvement, et cette solution reçut sa consécration dans une circulaire ministérielle en date du 1er août 1890, dont on peut résumer comme suit les principaux articles :

Règlement sur l'emploi des explosifs.

« *Art.* 1er. — L'usage de la poudre noire est interdit dans toutes les mines ou quartiers de mine, où l'on emploie la lampe de sûreté.

« *Art.* 2. — Les seuls explosifs autorisés devront satisfaire aux conditions suivantes :

« 1° Les produits de leur détonation ne contiendront aucun élément combustible ;

« 2° Leur température de détonation ne devra pas être supérieure à 1.900° pour les explosifs employés au travail du percement au rocher, ni à 1.500° pour ceux qui seront employés dans les travaux en couche.

« *Art.* 3. — Le dosage des éléments constitutifs de l'explosif devra toujours être inscrit d'une manière apparente sur la cartouche.

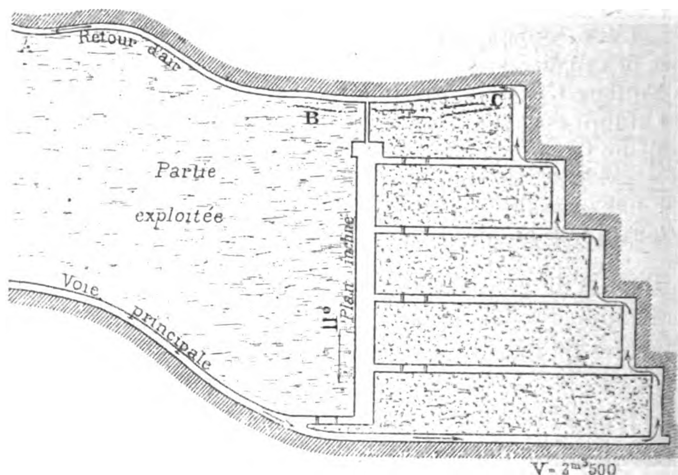
« *Art.* 5. — Le bourrage des explosifs sera fait soigneusement avec des matières plastiques, de manière à éviter le débourrage ; la hauteur n'en sera pas inférieure à 0m,20 pour les premiers 100 grammes de la charge, avec addition de 0m,05 pour chaque centaine de grammes ajoutée ; on ne sera toutefois jamais obligé de dépasser 0m,50. La détonation de la cartouche sera provoquée par une capsule fulminante, assez énergique pour assurer la détonation de l'explosif, même à l'air libre ».

Depuis lors, les explosifs dits de sûreté n'ont jamais provoqué d'inflammation de grisou. Est-il permis d'en conclure qu'ils sont d'une innocuité absolue? Peut-être, mais comme, en matière aussi grave, la sécurité ne peut être trop grande, et d'accord en cela avec les sages conclusions formulées par M. Mallard, la Compagnie juge prudent de rester fidèle à son principe qui consiste à éviter, avant tout, la moindre accumulation de gaz par une ventilation énergique et par un aménagement rationnel du courant d'air.

Dégagement violent de grisou à Réussite. — Un incident qui se produisit à Réussite vint nous prouver que, malgré tous les perfectionnements réalisés, le grisou

était loin d'avoir désarmé, et qu'avec un semblable ennemi il fallait être toujours sur le qui-vive.

Le 13 février 1890, à dix heures du matin, deux ingénieurs de la Compagnie, MM. Robiaud et Durand, visitaient les travaux de la veine Taffin, accompagnés du chef porion de la fosse et du porion du quartier. Le porion venait de faire une expérience avec la lampe Pieler dans le retour d'air, qui accusait une teneur de 1/3 p. 100 de grisou, teneur habituelle. Les deux ingénieurs avaient des lampes Marsaut, les porions des lampes Davy, que les surveillants conservaient encore à cette époque pour faciliter les recherches de gaz. Tout à coup, au point A du croquis ci-dessous, le chef porion s'aperçut que le



grisou brûlait dans sa lampe et en même temps les deux lampes Marsaut s'éteignirent. Le retour d'air, subitement contaminé, renfermait 7 à 8 p. 100 de grisou. Les ingénieurs ordonnèrent immédiatement d'éteindre les lampes Davy. Le chef porion abaissa la mèche dans l'huile; le porion, au contraire, se mit à souffler sur la flamme de sa lampe. C'était pourtant un homme expé-

rimenté, employé depuis quarante ans dans les fosses à grisou et qui avait maintes fois connu le péril. Mais, en pareil cas, qui peut répondre de garder son sang-froid? L'affolement de cet homme ne dura qu'une seconde et, par le plus heureux des hasards, cette imprudence ne fut pas suivie d'une catastrophe terrible, qui aurait causé la mort d'une centaine d'ouvriers.

Toutes les mesures de sécurité furent aussitôt prises, les chantiers évacués, des barrières placées, etc.; le dégagement de grisou continua pendant une heure avec violence, diminua peu à peu, et, 24 heures après, le retour d'air n'accusait plus que 1 p. 100.

Si une explosion s'était produite, on se serait perdu en conjectures sur la cause de cet accident.

L'enquête permit assez facilement d'établir l'origine de ce dégagement inusité. Comme on le verra par le plan ci-contre, l'aérage était aussi parfait et aussi correct que possible, le volume d'air était très suffisant, aucune imprudence dans l'ouverture ou la fermeture de portes ne pouvait compromettre la sécurité du quartier.

Le gaz n'existait pas dans les tailles, mais sortait en abondance de cassures ouvertes en BC. Il n'y avait pas de doute : un affaissement du toit sur les remblais s'était produit, donnant naissance à des crevasses qui avaient déversé subitement une quantité considérable de grisou.

Les cinq tailles représentées sur le plan déhouillaient une veine régulière de 0m,65 de puissance avec toit solide; l'affaissement s'était produit en masse, quand la surface déhouillée avait atteint une étendue suffisante. C'est l'accident bien connu des Anglais sous le nom de *sudden outburst* et dont nous n'avions pas encore eu d'exemple (*).

(*) Tout récemment encore, à la fosse Bleuse-Borne (septembre 1892), un soufflard s'est déclaré dans une voie en ferme et a

Les mesures prises à la suite de cet incident consistèrent dans la suppression complète de la lampe Davy (ce qui amena l'usage du briquet pour l'allumage des mines) et des recommandations furent faites en vue de provoquer l'éboulement du toit sur les remblais dans les chantiers à roches encaissantes solides.

Continuation du développement de l'aérage. — Les efforts s'étaient tout d'abord portés sur les fosses franchement grisouteuses et les indications données par la lampe Pieler devenaient plus rassurantes. L'application du développement de l'aérage s'étendit également aux fosses peu grisouteuses et, dans ce but, la Compagnie creusa des puits spéciaux de retour d'air et ne recula devant aucune dépense pour compléter son programme.

Grâce aux installations nouvelles et aux améliorations apportées dans l'aménagement des courants, on est parvenu à doubler le volume d'air circulant dans les travaux, ainsi que l'indique le tableau ci-après :

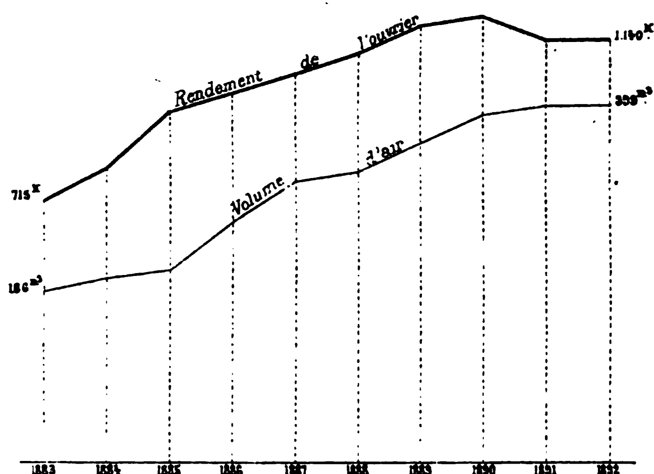
ANNÉES	VOLUME EXTRAIT par seconde	VOLUME D'AIR réellement utilisé dans les travaux souterrains par seconde
	mèt. cub.	mèt. cub.
1883	249	186
1884	251	192
1885	259	202
1886	322	258
1887	375	291
1888	389	313
1889	414	350
1890	459	384
1891	469	391
1892	485	399

contaminé, en peu de temps, une galerie de 200 mètres de longueur.

Augmentation du rendement de l'ouvrier. — Cette augmentation considérable du volume d'air n'a pas été obtenue, cela va sans dire, sans d'importants sacrifices pécuniaires. Mais indépendamment de la question de sécurité qui primait toutes les autres, il s'est produit une compensation dans le rendement de l'ouvrier.

Cette augmentation de rendement a bien eu d'autres causes, mais nous croyons cependant devoir mettre en première ligne la ventilation énergique des travaux. Ce qui confirme notre opinion, c'est le parallélisme curieux qui existe entre la courbe de l'effet utile de l'ouvrier et celle du volume d'air circulant dans la mine, comme le montre le diagramme ci-dessous :

Diagramme du rendement journalier de l'ouvrier du fond et du volume d'air utile de **1883** *à* **1892**.



La ventilation énergique des mines assure non seulement la santé et la sécurité des travailleurs, mais elle permet aussi d'améliorer le prix de revient.

RÉCAPITULATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS DE GRISOU SURVENUS A ANZIN DE 1811 A 1892.

La récapitulation du nombre d'accidents de grisou survenus à Anzin, pendant les cinq périodes que nous avons considérées, donne le tableau suivant :

PÉRIODES	EXTRACTION	NOMBRE d'accidents	NOMBRE DE VICTIMES			NOMBRE de victimes par million de tonnes
			Tuées	Blessées	Total	
	tonnes.					
1811 - 1823	3.262.000	10	25	38	63	19,32
1824 - 1852	15.628.000	6	14	14	28	1,79
1853 - 1874	28.408.000	16	68	44	112	3,94
1875 - 1883	19.271.000	7	11	17	28	1,45
1884 - 1892	22.960.000	2	2	1	3	0,13

La merveilleuse invention de Davy, introduite à Anzin en 1823, eut pour résultat de réduire de 90 p. 100 le nombre des victimes du grisou ; la découverte des explosifs de sûreté, encore toute récente, semble devoir produire des résultats aussi heureux, et les membres de la Commission des substances explosives peuvent, au même titre que Davy, compter sur la reconnaissance des travailleurs de la mine. Le dernier chiffre du tableau ci-dessus est, en effet, très rassurant. Malheureusement nous ne savons pas ce que nous réserve l'avenir. Les mineurs de l'époque actuelle ont entre les mains des armes excellentes dues au progrès de la science, mais ils ne doivent point oublier que l'ennemi n'a pas désarmé et qu'il faut toujours compter avec des retours offensifs comme ceux que nous venons de signaler à Réussite en 1890 et à Bleuse-Borne en 1892.

Nous avons terminé cette longue étude sur le grisou aux mines d'Anzin, de 1811 à 1892, et nous demandons pardon à nos lecteurs de la monotonie qui règne dans la plupart de ces récits de tristes accidents. Nous avons pris l'art des mines pour ainsi dire dans son enfance au moment où la lutte contre le grisou était très meurtrière et nous avons montré les évolutions successives par lesquelles il a passé pour arriver aux trois grandes découvertes que la science a réalisées dans ce siècle pour la protection du mineur : la lampe de sûreté au point de vue de l'éclairage, le ventilateur mécanique au point de vue de l'aérage, l'explosif de sûreté au point de vue du sautage des coups de mine.

D'autres continueront plus tard l'historique des progrès réalisés dans les mines, et ces progrès seront certainement nombreux. On trouvera sans doute bientôt une lampe électrique de mineur (*), cette lampe servira peut-être elle-même à l'allumage des coups de mine, on découvrira aussi des explosifs plus puissants et détonant à une température plus basse encore. Mais nous ne croyons pas être téméraire en disant que l'opinion émise par nos anciens en 1811 et que nous avons citée au début de notre étude sera toujours considérée comme une opinion très sage :

« *Le meilleur moyen connu et employé pour paralyser les effets du grisou est de faire circuler l'air avec vivacité dans tous les lieux où sa présence se fait remarquer.* »

Anzin, décembre 1892.

(*) Nos essais sur la lampe électrique Stella n'ont donné que des résultats médiocres.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE.

Pages

AVANT-PROPOS 233

§ 1. — LE GRISOU A ANZIN EN 1810 234

Opinion des exploitants 235
1° Aérage 238
2° Éclairage 239
3° Tirage des mines 242
Essai de décomposition chimique du grisou 243
Résumé de la situation 245

§ 2. — PÉRIODE 1811-1823 246

Explosions à la fosse du Retour-Lomprez. — 22 mai 1811 246
Retour-Lomprez, 31 mars 1813 247
Retour-Lomprez, 9 avril 1813 248
Explosion à la fosse du Chaufour, 9 octobre 1813 249
Fosse du Retour-Lomprez, 8 février 1817 250
Fosse du Retour-Lomprez, 1818 250
Conférence du 14 juin 1818. Premier essai de lampe Davy 251
Explosion à la fosse Saint-Jean, 19 août 1818 253
Fosse du Retour-Lomprez, 30 avril 1819 254
Fosse du Retour-Lomprez, 6 août 1819 254
Fosse Saint-Jean, 23 mars 1820 255
Fosse du Chaufour, 9 avril 1823 256
Arrêté préfectoral du 22 avril 1823 257
Règlement sur les lampes de sûreté 260
Résumé de la période 1811-1823 262

§ 3. — PÉRIODE 1823-1852 263

Fosse du Chaufour, 8 avril 1824 263
Fosse du Chaufour, 27 juin 1824 264
Alimentation des foyers 266

Pages

Projet pour combattre le grisou. 267
Fosse Desmézières, 1826 268
Visite des tailles au lendemain des chômages 269
Lampes à double tissu. 269
Essais du chlorure de chaux. 270
Fosse Saint-Joseph, 2 août 1832. 271
Arrêté préfectoral du 22 décembre 1832 273
Infractions au règlement sur les lampes de sûreté 274
Vérifications trimestrielles de l'aérage 275
Fusée anglaise. 276
Fosse Ernest, 23 juin 1842 277
Fosse Tinchon, 27 mars 1847 279
Fosse Mathilde, 17 février 1849. 279
Conférence du 7 mars 1851 281
Premier ventilateur Fabry, à Bayard, 1852. 281
Résumé de la période 1823-1852 282

DEUXIÈME PARTIE.

---

§ 1. — PÉRIODE 1852-1874. 603

Historique de la ventilation mécanique jusqu'en 1852. 603
Fosse de la Régie, 13 août 1854 611
Installation d'un ventilateur Lemielle au Verger. 612
Fosse du Moulin, 26 juin 1856 613
Historique de la lampe Mueseler. 614
Essais de la lampe Dubrulle 615
Expériences de contrôle de l'aérage à l'anémomètre et à la poudre . 616
Installation de nouveaux foyers. 617
Fosse Réussite, 12 mars 1859. 618
Fosse Mathilde, 17 février 1860. 620
Fosse Bleuse-Borne, 30 septembre 1860 621
Fosse Ernestine, 15 décembre 1860. 621
Procès de la lampe Dubrulle 622
Fosse Villars, 30 octobre 1861 624
Suppression de la lampe Dubrulle. 624
Progrès de la ventilation mécanique. 625
Détails sur les ventilateurs existant en 1862. 626
Fosse Turenne, 14 juillet 1862. 627
Emploi de tissus dans le tirage des mines 628

Pages

Fosse Bleuse-Borne, 26 juin 1863 630
Fosse Davy, 24 août 1863. 630
Fosse Turenne, 29 août 1863. 631
Conférence du 9 septembre 1863 632
Fosse Turenne, 9 février 1865. 633
Règlement sur l'emploi de la poudre 635
Inflammations nombreuses sur coups de mines 640
Fosse d'Hérin, 19 mars 1869 640
Fosse d'Hérin, 6 février 1870 644
Essai de la lampe Mueseler à Hérin 646
Fermeture système Dinant. 647
Situation au point de vue de l'aérage 648
Situation au point de vue du tirage des mines 648
Fosse du Chaufour, 21 février 1873. 648
Fosse Tinchon, 27 mai 1874 649
Rapport sur les lampes de sûreté. 651
Avis du Conseil général des mines 653
Fosse Davy, 23 juillet 1874 654
Fosse Réussite, 12 décembre 1874 655
Institution des boute-feu 657
Résumé de la période 1852 à 1874 658

5. — Période 1874-1883. 661

Fosse Dutemple, 1875 662
Règlement concernant l'emploi des lampes de sûreté (1877) 662
Installation de nouveaux ventilateurs 664
Inflammations de poussières au Chaufour. 665
Fosse Bonne-Part, 5 avril 1880 667
Fosse l'Enclos, 29 avril 1880 667
Fosse Renard, 29 octobre 1881. 668
Installation de nouveaux ventilateurs à Orléans et à Dutemple . . . 668
Fosse d'Hérin, 1882. 669
Fosse Turenne, 21 février 1883 669
Essai nouveau des lampes Mueseler. 672

§ 6. — période 1884-1892. 672

Réorganisation du service de l'aérage en 1884 672
Mesures prises pour assurer le balayage du grisou dans les chantiers en remonte. 675
Fosse Vieux-Condé, 7 janvier 1884 676
Introduction de la lampe Marsaut (1885). 677
Mise à l'épreuve de la lampe Marsaut. 677
Lampe Pieler (1885). 678
Ventilateur Ser (1885) 679

Pages

Suppression des derniers foyers dans les fosses à grisou. Installation de nouveaux ventilateurs. 679
Tromomètre à Hérin (1886) 680
Fosse Renard, 10 décembre 1887 680
Historique de l'emploi des explosifs dans les mines 682
Bourrages à l'eau 683
Apparition des explosifs de sûreté (1888). 683
Règlement sur l'emploi des explosifs 685
Dégagement violent de grisou à Réussite. 685
Continuation du développement de l'aérage. 688
Augmentation du rendement de l'ouvrier 689

RÉCAPITULATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS DE GRISOU SURVENUS A ANZIN DE 1811 A 1892. 690

BULLETIN

DES ACCIDENTS ARRIVÉS DANS L'EMPLOI DES APPAREILS A VAPEUR

PENDANT L'ANNÉE 1891.

(Résumé résultant de l'étude des dossiers administratifs.).

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
3 janv.	Distillerie, à Canteleu (Seine-Inférieure).	Chaudière type Victoor et Fourcy, composée d'un générateur à bouilleurs suivi d'un corps tubulaire relié à ce générateur par deux tuyaux de communication pour l'eau et un pour la vapeur. Le corps tubulaire contient 76 tubes à fumée en laiton de $0^m,09$ de diamètre et $2^{mm},5$ d'épaisseur normale, formant le dernier parcours des gaz chauds. Capacité, 14 m. c. Timbre, $6^{kg},5$. Fonctionnait en batterie avec quatre autres semblables. Les tuyaux de communication d'eau entre les deux parties de la chaudière, de $0^m,165$ de diamètre, étaient fréquemment à peu près obstrués par la vase.	Un tube à fumée de la rangée supérieure, dont l'épaisseur était réduite à moins de 2^{mm}, s'écrase sur une longueur de $0^m,60$, et cet écrasement entraine le cisaillement de deux autres tubes. La vapeur de toute la batterie s'épand par la porte d'arrière du fourneau.	Néant.	Faible épaisseur des tubes, eu égard à leur diamètre et à la pression qu'ils supportaient, et peut-être surchauffe résultant d'un abaissement du plan d'eau dans le corps tubulaire par suite d'une obstruction boueuse des tuyaux reliant ce corps aux bouilleurs.
3 janv.	Filature de coton, à Notre-Dame-de-Bondeville (Seine-Inférieure).	Chaudière composée d'un corps cylindrique traversé par deux gros tubes de retour de flamme, et de trois bouilleurs inférieurs de $0^m,70$ de diamètre. Capacité, 30 m. c. Timbre, 6 kg. Les indicateurs du niveau de l'eau consistaient en un tube de verre [illegible]	Le bouilleur de droite se fend vers son extrémité antérieure et à la partie inférieure gauche, suivant trois déchirures, l'une de $0^m,85$ de long avec bâillement de $0^m,15$ et bombement de la tôle, les au- [illegible]	Un maçon occupé au voisinage brûlé assez grièvement. — En outre, le chauffeur, en s'enfuyant, a cassé une vitre et s'est [illegible]	Surchauffe résultant d'un manque d'eau dont on ne s'est pas aperçu à cause du mauvais état des deux indicateurs de niveau.

8 janv.	**Scierie en plein air pour exploitation de bois, à Lit-et-Mixe (Landes).**	Locomobile à foyer intérieur vertical et faisceau tubulaire horizontal à flamme directe. Capacité, $1^{mc},471$. Timbre, 6 kg. Chaudière datant de 1862, ayant eu son foyer transformé vers 1878, non déclarée, ayant subi, pour cause de corrosions intérieures, des réparations non suivies d'épreuve. Le ciel du foyer, ayant à peu près en plan la forme d'un cercle de $0^{m},87$ de diamètre et formé d'une tôle d'une épaisseur primitive de 10 millim. emboutie vers le haut sous une flèche de $0^{m},10$, avait reçu deux boulons avec rondelles et contre-plaques pour masquer des fuites; près de l'un de ces boulons, l'épaisseur réduite par la corrosion variait de 4 millim. à moins de 2 millim.	**Au moment où l'on reprend le travail après un arrêt, le ciel du foyer se déforme, se cisaille tout le long de son pourtour, et s'abat sur la grille qu'il brise et enfonce de $0^{m},30$ dans le sol. La chaudière, lancée en l'air par la réaction, va tomber à 30 mètres, rebondit et retombe à 29 mètres plus loin. Boite à fumée et autres pièces lancées dans diverses directions à 34, 28, 50 mètres de leurs positions primitives.**	**Le chauffeur projeté à 5 mètres sur un tas de bois et tué sur le coup. Un enfant très légèrement blessé par un éclat de bois. Quelques dégâts matériels.**	**Conséquence de la diminution de résistance du ciel du foyer, résultant de corrosions intérieures profondes.**
19 janv.	**Atelier de triage de charbons, à la Grand'Combe (Gard).**	Locomobile du type locomotive, pourvue de 27 tubes en laiton de $2^{m},25$ de long, $0^{m},059$ de diamètre intérieur et $2^{mm},5$ d'épaisseur normale. Capacité, $1^{mc},118$. Timbre, 6 kg. Epreuve décennale, le 24 novembre 1889. Le tube qui a crevé avait son épaisseur réduite presque à néant à $0^{m},10$ de la boite à fumée, tandis qu'elle était de 1 millim. dans le bas et atteignait $2^{mm},25$ dans le haut sur le reste de sa longueur. Actionne une machine qui met en mouvement les organes de l'atelier de triage.	**Le triage étant momentanément arrêté, la porte du foyer avait été ouverte pour empêcher la pression de monter et un certain nombre de trieurs se trouvaient réunis à quelques mètres en avant. Un tube corrodé étant venu à crever dans sa partie la plus faible, le jet de vapeur et de cendres, lancé par la porte ouverte, a atteint au visage un jeune trieur.**	**Un jeune ouvrier brûlé grièvement.**	**Conséquence de l'usure d'un tube à fumée, résultant sans doute de l'action de l'acide sulfurique produit par la combustion des pyrites du charbon consommé.**
25 janv.	**Usine d'électricité à Amiens (Somme).**	Chaudière cylindrique horizontale avec tube-foyer intérieur se prolongeant par un faisceau tubulaire. Dimensions du foyer : $1^{m},67$ de long, $0^{m},63$ de diamètre, 14 millim d'épaisseur normale. Capacité de la chaudière, $2^{mc},718$. Timbre, 6 kg. Construite et éprouvée en 1889. Comme indicateurs de niveau, tube de verre et robinets de jauge : ces derniers étaient entartrés. Peu d'incrustations dans la chaudière.	**Au début d'une journée, pendant la période de mise en pression, il se forme au ciel du foyer, au-dessus de la grille, une ampoule de $1^{m},40$ de long, $0^{m},47$ de large, $0^{m},25$ de flèche; au centre de l'ampoule, cassure transversale de la tôle qui s'est allongée fortement et montrait des colorations bleues. Très peu d'eau répandue.**	**Néant.**	**Surchauffe résultant vraisemblablement d'un manque d'eau, consécutif à un défaut d'alimentation.**

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
18 févr.	Chantier de construction d'une écluse à Deauville (Calvados).	Chaudière placée sur un chaland et actionnant un mouton pour le battage des pieux. Forme cylindrique verticale, à foyer intérieur et bouilleurs croisés. Capacité, $2^{mc},732$. Timbre, 5 kg. Construite et éprouvée en 1882. Visitée intérieurement en janvier 1891. Il est avéré que les soupapes étaient calées, et le chauffeur a dit que la chaudière fonctionnait couramment à 7 kg. et plus.	Le ciel du foyer affaissé en se détachant de la cheminée, séparé de la paroi cylindrique sur les trois quarts de son pourtour et fragmenté. La chaudière, lancée en l'air par la réaction, retombe à 150 mètres de distance sur le bajoyer d'une autre écluse, rebondit à 20 mètres plus loin et s'enfonce dans le bassin à flot.	Le chauffeur, seul présent à bord du chaland, est renversé dans la vase (la marée était basse) et se casse la jambe. — Le chaland est entièrement détruit.	Excès de pression. Le fonctionnement au-dessus du timbre était habituel et les soupapes étaient calées.
23 févr.	Tissage de laines, à Rethel (Ardennes).	Chaudière à tubes bouilleurs, type Lagosse et Bouché, construite en 1889. — 42 tubes bouilleurs en fer soudés à recouvrement, de $0^{m},10$ de diamètre extérieur. Capacité, $7^{mc},727$. Timbre, 10 kg. Le tube qui s'est rompu avait $4^{mm},5$ à $4^{mm},7$ d'épaisseur. Deux éprouvettes prises dans le sens de la longueur ont donné $33^{kg},2$ et $33^{kg},3$ de résistance à la rupture, et la seconde 11,5 p. 100 d'allongement sur une longueur de $0^{m},10$. On a constaté après l'accident que le métal présentait un certain nombre de fissures longitudinales, partant les unes de l'intérieur, les autres de l'extérieur de la tôle.	Le tube du milieu de la rangée du bas s'ouvre sur $0^{m},80$ de longueur, avec $0^{m},035$ seulement de bâillement maximum, entièrement en dehors de la soudure. Ni étirage, ni déformation aux abords de la déchirure; beaucoup d'eau répandue. Lèvres de l'ouverture diversement oxydées et donnant à penser qu'en un point il y avait une fissure ancienne ayant traversé le tube et donné lieu à des suintements.	Dégâts matériels peu importants.	Existence de fissures longitudinales qui ont pris naissance dans le tube lors de la fabrication. L'une de ces fissures, située dans la région du coup de feu, s'est aggravée peu à peu jusqu'à donner lieu d'abord à une petite fuite, puis à l'explosion.
2-3 mars.	Usine d'électricité, à Saint-Ouen (Seine).	Chaudière, type Roser, sans tubes à fumée, comprenant dix éléments de neuf tubes en fer, ayant chacun $4^{m},60$ de long, $0^{m},12$ de diamètre et $4^{mm},5$ d'épaisseur. Capacité, 11 mètres cubes. Timbre, 12 kg. [illegible]	Le tube bouilleur le plus à gauche de la rangée inférieure se déchire au-dessus de la grille, sur $0^{m},40$ de long, avec bâillement de $0^{m},185$. [illegible]	Néant.	Surchauffe causée très probablement par un manque d'eau, dû peut-être lui-même à un défaut de fermeture du robinet de vidange.

		l'eau de Seine.			
4 mars.	**Bateau à vapeur, de passage à l'écluse de Suresnes (Seine).**	Chaudière cylindrique horizontale, de 2 mètres de diamètre et $2^m,20$ de longueur, à deux tubes-foyers intérieurs de $0^m,65$ de diamètre, et retour de flamme par des tubes d'un diamètre de $0^m,08$. Corps cylindrique composé de six feuilles de tôle assemblées par des rivures circulaires simples à la plaque de boite à fumée et au fond opposé. Boite à feu reliée par des entretoises à ce fond, ainsi qu'à la virole extérieure. La tôle du corps cylindrique présentait des corrosions à la partie inférieure, mais nulle part l'épaisseur ne s'abaissait au-dessous de 8 millim. Résistance à la rupture, de 25 à 29 kg. en long, de 25 à 26 kg. en travers, avec allongement (sur $0^m,20$ de longueur) de 0,75 à 3,5 p. 100 en long et ne dépassant pas 3,5 p. 100 en travers. — Construction vers 1871 en Angleterre. Timbre, 5 kg. Dernière épreuve officielle de la chaudière le 22 juillet 1890, par la commission de surveillance d'un port maritime. Dans l'hiver 1890-91, à la suite de tubes remplacés, épreuve hydraulique par le propriétaire. Un peu plus tard, la gelée ayant rompu le condenseur, le bateau avait coulé à fond; il avait d'ailleurs été relevé le jour même.	Au cours d'un voyage d'essai destiné à s'assurer des qualités du bateau comme remorqueur. On était depuis dix minutes dans l'écluse de Suresnes. D'après les témoignages, il n'y avait pas d'excès de pression; les soupapes ont été retrouvées en bon état. Violente explosion, le corps cylindrique déroulé et projeté presque en entier vers bâbord arrière, à 100 mètres de distance; d'autres fragments de ce corps lancés à des distances variant de 100 à 200 mètres dans la même direction. Les foyers, la boite à feu, le faisceau tubulaire et les grandes faces terminales du corps cylindrique, évidemment projetés en Seine, n'ont pu être retrouvés. Le bateau, éventré largement, a coulé bas dans l'écluse. Le corps cylindrique, détaché des fonds par un arrachement tantôt suivant le congé d'emboutissage de ces fonds, tantôt suivant la rivure, présentait, après l'accident, des matelassures correspondant à l'arrachement des entretoises, et des fissurations partant des bords avant et arrière et s'étendant en pleine tôle.	Les deux personnes qui se trouvaient à bord, tuées. — Le bateau détruit.	**L'explosion doit vraisemblablement être attribuée : 1° à la mauvaise qualité des tôles de la chaudière; 2° à son mauvais état général, occasionné peut-être par les gelées de l'hiver, et consécutif à un défaut d'entretien.**
30 mars.	**Labourage à vapeur, à Pierrefeu (Var).**	Locomobile horizontale de $0^m,98$ de diamètre, à tube-foyer intérieur et retour de flamme tubulaire. Capacité, 804 litres. Timbre, 6 kg. Construction, 1877. Dernière épreuve, 1883. Actionnait un labourage à vapeur pour lequel on avait besoin de la pression de 6 kg. Le corps cylindrique avait une épaisseur normale de 8 millim., réduite à 5 ou 6 millim. dans la région basse antérieure, où se trouvaient en outre trois trous de poing rapprochés.	Pendant la mise en pression, le chauffeur, trois quarts d'heure après l'allumage, avait chargé le foyer et abandonné la locomobile à elle-même, en oubliant, a-t-il déclaré, de « donner de l'air » à ses soupapes qui étaient trop serrées. 25 minutes après cet abandon, explosion violente du corps cylindrique qui se divise, suivant des génératrices, en 4 fragments principaux. Projections à des distances dont quelques-unes de plus de 500 mèt.	Destruction complète de la locomobile.	**Excès de pression dû à un manque complet de surveillance de l'appareil pendant vingt-cinq minutes et à la surcharge des soupapes de sûreté.**

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
13 mai.	Lavoir à Paris.	Chaudière cylindrique verticale, à foyer intérieur. — Le foyer renferme un serpentin en cuivre à huit spires superposées, de $0^m,07$ de diamètre et $2^{mm},5$ d'épaisseur, prenant naissance sur sa paroi cylindrique et aboutissant à son ciel. Capacité, 692 litres. Timbre, 6 kg. En 1888, renouvellement des deux spires inférieures du serpentin, après détartrage de la partie conservée, par l'action de la chaleur. Lors de l'accident, était employée à fournir la vapeur nécessaire au coulage de la lessive. La porte du foyer n'était ni verrouillée, ni loquetée, mais simplement maintenue par un ringard appuyé contre elle.	Déchirure du serpentin vers le milieu de sa spire inférieure, sur $0^m,26$ de longueur, avec bâillement considérable. Coloration de coup de feu sur presque toute la longueur du serpentin. Le flux des fluides chauds, ouvrant la porte du foyer, vient brûler le chauffeur. La chaudière avait été vidangée et nettoyée 17 jours auparavant, mais sans démontage et, par conséquent, sans nettoyage du serpentin.	Le chauffeur grièvement brûlé.	La rupture du serpentin a été vraisemblablement la conséquence d'une surchauffe due à l'influence des incrustations ou des boues qu'il renfermait. Dans ces conditions, cet accident semble devoir être attribué avant tout à la disposition du serpentin, placé à l'intérieur du foyer, de telle façon qu'à moins d'un démontage complet, il est impossible de procéder à son nettoyage.
4 juin.	Bateau remorqueur, sur la Loire maritime, en face de Chantenay (Loire-Inférieure).	Chaudière Oriolle formée de deux lames d'eau réunies par 224 tubes de $1^m,20$ de long, $0^m,055$ de diamètre et 3 millim. d'épaisseur. Capacité, $1^{m3},018$. Timbre, 10 kg. Construction, 1887. Tubes en acier Martin, soudés, subissant avec succès les essais de mandrinage, aplatissement et pliage de la marine nationale, ainsi que l'épreuve à 200 kg. sur un tronçon de $0^m,30$; le métal offre une résistance en long de $38^{kg},5$ avec allongement de 16 p. 100 sur $0^m,20$ de longueur, et en travers, de $36^{kg},3$ avec rupture en dehors de la soudure et allongement de 18 p. 100 sur $0^m,07$ de longueur. La position de la soudure ne se détermine que difficilement; mais le recouvrement de cette soudure est irrégulier, [illegible]	Ouverture du 3ᵉ tube (à partir de tribord) de la rangée du bas, sur une longueur de $0^m,35$, avec bâillement de $0^m,018$, provenant presque exclusivement de l'une des lèvres. L'ouverture est suivant la soudure, les lèvres sont lisses et leur profil est en moyenne à peu près normal aux surfaces cylindriques. Un dépôt graisseux noirâtre, peu adhérent, de 1/4 de millimètre d'épaisseur, tapissait les tubes de la région tribord. Le jet de fluides brûlants et d'escarbilles envahit la chaufferie par la porte du cendrier; les conséquences funestes de l'accident auraient donc pu être évitées si [illegible]	Le mécanicien brûlé mortellement, le chauffeur légèrement.	La rupture du tube s'est produite dans une région où la soudure de ce tube présentait un défaut. Ainsi facilitée, elle paraît avoir été la conséquence d'un coup de feu, dû à la présence d'un dépôt graisseux noirâtre qui recouvrait le tube à l'intérieur.

		ques pertes avec de l'eau douce très légèrement vaseuse. Graissage de la machine à la valvoline. Alimentation aboutissant à tribord. Porte du cendrier s'ouvrant vers la chaufferie.	graves, mais le mécanicien qui était assis à bâbord fut brûlé mortellement.		
24 juin.	**Brasserie, à Paris.**	Récipient vertical en cuivre, de $0^m,54$ de diamètre et 160 litres de capacité, cerclé à sa partie supérieure par une collerette en fonte. Couvercle formé d'une tôle emboutie en cuivre avec couronne en fonte de $17^{mm},5$ à 20 millim. d'épaisseur et d'un profil complexe, portant dix oreilles à encoches; fermeture au moyen de boulons à rotation, dont les écrous agissent sur ces oreilles avec porte-à-faux de 36 millim. par rapport à la zone d'appui du joint. Cet appareil servait au lavage et à la stérilisation de la cellulose; il était destiné à fonctionner sous 2 kg. de pression au maximum. Ni éprouvé, ni déclaré. Recevait la vapeur de chaudières timbrées à 6 et 8 kg., mais ne fonctionnant pas, paraît-il, à plus de 4 ou 5 kg. Portait un manomètre et une soupape.	Projection du couvercle dont la couronne est rompue en cinq morceaux suivant des cassures assez régulièrement réparties. Pas de trace de glissement sur les bords des oreilles, boulons rabattus à l'extérieur. Il a été constaté que le manomètre était faussé par une adhérence entre le tube manométrique et sa boîte; la soupape était peut-être collée sur son siège.	**Un ouvrier brûlé mortellement, un grièvement, un troisième très légèrement. Faibles dégâts matériels.**	**Explosion due avant tout à un défaut de solidité de l'appareil, résultant d'un vice de construction de son couvercle, et favorisée en outre par un excès de pression sur le maximum prévu par le constructeur, excès au sujet duquel il convient de faire intervenir le mauvais état d'entretien de la soupape et du manomètre.**
11 juill.	**Brasserie à Fourmies (Nord).**	Chaudière semi-tubulaire à foyer extérieur. Corps cylindrique de 3 mètres de longueur, 1 mètre de diamètre, 12 millim. d'épaisseur normale. Capacité, $2^{m3},226$. Timbre, 7 kg. Construction, 1879. Epreuve décennale, octobre 1889. Au-dessus se trouvaient les bâches de cuisson de la brasserie et une pompe à moult. L'association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France avait signalé, dès 1884, des fuites tombant de ces bâches sur le massif, et ensuite, à diverses époques, des fuites à des robinets ou joints de la partie supérieure de la chaudière. Tôle offrant des résistances de $33^{kg},3$ en long et $32^{kg},3$ en travers, avec allongements respectifs de 5 et 4 p. 100, sur $0^m,20$ de longueur.	Le corps de chaudière s'ouvre suivant une ligne oblique partant de la partie supérieure arrière et aboutissant à la partie basse avant, et se sépare des plaques tubulaires en s'arrachant suivant les rivures. Pas d'indice d'excès de pression. En mesurant l'épaisseur le long de la déchirure, on reconnaît que vers l'arrière, sous la maçonnerie et un peu au-dessus du carneau de gauche, elle était réduite, par la corrosion extérieure, à 2^{mm} et même $1^{mm},9$, sur une longueur de $0^m,15$ et une largeur de $0^m,04$, pour augmenter ensuite graduellement dans toutes les directions.	**Dégâts matériels considérables.**	**Usure de la tôle supérieure par suite de corrosions extérieures profondes ayant eu pour origine : 1° des écoulements de liquides qui, provenant de la pompe à moult ou des chaudières à cuire situées au-dessus de la chaudière, avaient imbibé le massif; 2° des fuites de vapeur qui existaient fréquemment à certains points, le long de la génératrice supérieure de la chaudière.**

de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
5 août.	Usine d'élévation d'eau, à Hennebont (Morbihan).	Chaudière Oriolle, comprenant deux lames d'eau réunies par 119 tubes en acier doux de 1m,50 de long et 0m,055 de diamètre intérieur, et un réservoir supérieur. Capacité, 1m3,146. Timbre, 8 kg. Construction, avril 1890. Epaisseur primitive des tubes, 2mm,5; métal de densité presque égale à 7,9, ne contenant ni soufre, ni phosphore. Alimentation par de l'eau de puits, contenant seulement 0gr,038 de chlorure de sodium par litre et des traces de sulfate de chaux; débouche à la partie antérieure. On ne chauffait la chaudière que deux fois par semaine et l'on en faisait ensuite écouler l'eau, dans la pensée que l'appareil s'userait moins rapidement. Un grand nombre de tubes étaient corrodés intérieurement dans leur moitié d'avant, au voisinage de la génératrice inférieure.	Alors que la pression était de 3 kg. ou 3kg,5, le 2e tube (à partir de la gauche) de la 6e rangée (à partir du bas) se crevasse sur une longueur de 0m,25, commençant à 0m,10 de son extrémité antérieure. La porte du cendrier était fermée et celle du foyer ouverte : jet de vapeur par cette ouverture, ainsi que par un des regards de la lame d'eau d'avant. Ce tube portait, dans sa moitié antérieure, suivant sa génératrice inférieure, une zone d'amincissement de 0m,03 de large, au milieu de laquelle l'épaisseur était réduite à 0mm,5 au voisinage de la crevasse qui s'est formée; celle-ci comportait une disparition complète du métal sur une largeur de 0m,01; ses bords, presque coupants, n'étaient pas déplacés et l'ensemble du tube demeurait circulaire.	Chauffeur légèrement brûlé aux jambes et au visage (8 jours d'incapacité de travail).	Amincissement extrême du tube, produit par des corrosions intérieures profondes, lesquelles paraissent avoir été elles-mêmes déterminées par les alternatives fréquentes de chauffe et de vidange de l'appareil.
9 août.	Forges, à Rimaucourt (Haute-Marne).	Chaudière horizontale à deux bouilleurs, chauffée par les flammes perdues de deux fours à réchauffer, dont les flammes arrivaient tangentiellement sous les bouilleurs. Capacité, 13m3,183. Construction, 1859, avec le timbre 5 atm. 1/2. Dernière épreuve, avril 1884, au timbre de 4 kg. — N° 2 d'une batterie de huit chaudières chauffées par les flammes perdues. Dimensions des bouilleurs, 0m,70 de diamètre et 8m,50 de long. La tôle du bouilleur de gauche, d'une épaisseur primitive de 10 millim., était [illegible]	Alors que la pression de la batterie était de 3kg,500, rupture du bouilleur de gauche à partir de l'endroit le plus corrodé, fragmentation et projection des débris, déplacement de toute la chaudière, effondrement de toitures, etc. Les clapets de vapeur des autres chaudières fonctionnent, sauf celui de la chaudière n° 1, emporté par l'explosion. Diverses mesures prises à propos réussissent à empêcher la pression de s'élever à plus [illegible]	Huit ouvriers mortellement atteints par projection des débris et surtout par brûlures. — Deux autres blessés, dont un grièvement. — Dégâts matériels importants.	Extrême amincissement de la tôle supérieure d'avant du bouilleur de gauche, qui a cédé sous l'action de la pression normale de marche. Cet amincissement a lui-même été la conséquence de corrosions extérieures profondes, résultant pour la plus grande partie de fuites aux rivets d'assemblage du bouilleur avec la première communication.

		[illegible] là, sur $1^{m},50$ de long et $0^{m},20$ de large, épaisseur restante ne dépassant guère de 2 à 4 millim. et réduite à 1 millim. et même un peu moins en une place.			
10 sept.	Bateau remorqueur, en rade de Dunkerque (Nord).	Chaudière à deux tubes-foyers intérieurs et retour de flammes tubulaire. Capacité, $9^{m3},460$. Timbre, 3 kg. Construction, 1879. Dernière épreuve, 17 août 1891. Le bateau possède deux chaudières semblables. Bien qu'il naviguât à la mer et que la pression de marche fût de 3 kg., on faisait usage d'un condenseur par mélange, ce qui, dans ces conditions, doit être critiqué. Le capitaine prétend qu'on alimentait tous les jours à l'eau douce pendant le séjour du remorqueur dans le port, et qu'on faisait régulièrement les extractions. L'eau contenue dans les chaudières lors de l'accident titrait, à la température de 30°, 27° au salinomètre, soit densité : 1,23. Un dépôt de sel de 10 millim. au minimum recouvrait les tubes-foyers de la chaudière tribord.	Pendant que le bateau était en marche normale, il se forme à la partie supérieure de chacun des deux tubes-foyers de la chaudière tribord, près de la boîte à feu, deux bosses assez saillantes, disposées à peu près symétriquement par rapport aux plans verticaux passant par les axes de ces tubes. Celle de gauche du foyer de droite a une flèche de $0^{m},14$ et la tôle se crève à sa partie antérieure. Ecoulement d'eau dans le foyer ; le mécanicien ferme la porte du cendrier et celle de chargement, coupe la communication d'eau entre les deux chaudières et soulage les soupapes.	Néant.	Surchauffe des ciels des tubes-foyers intérieurs, déterminée par l'existence des dépôts salins épais qui recouvraient ces foyers.
14 sept.	Fabrique de tissus, à Roubaix (Nord).	Chaudière type Babcock et Wilcox, comprenant douze éléments de neuf tubes bouilleurs en fer de 96 millim. de diamètre intérieur et 3 millim. d'épaisseur. Capacité, $12^{m3},340$. Timbre, 8 kg. Construction, 1887. Le tuyau de vidange, en fer, part du collecteur inférieur auquel il est relié par une manchette de même métal, de $0^{m},06$ de diamètre et 5 millim. d'épaisseur primitive, vissée sur une tubulure. Cette manchette est dans le fond de la chambre à fumée, qui constitue une sorte de fosse où séjourne l'eau et où s'accumule la suie. Corrosions extérieures à la manchette, au tuyau et au bas du collecteur.	Ouverture du tube supérieur du 8e élément (à partir de la gauche) à $1^{m},55$ de son extrémité avant, sur $0^{m},30$ de long, avec bâillement de $0^{m},073$, par décollement de la soudure. On constate après l'accident, dans la chambre à fumée qui renferme un volume d'eau assez considérable, que la manchette d'insertion du tuyau de vidange présente un trou de corrosion de 1/2 à 1 centimètre carré de section.	Néant.	Surchauffe par manque d'eau à la partie supérieure du faisceau des tubes bouilleurs, l'eau de la chaudière s'étant en partie écoulée par un trou qui s'est formé à la manchette en fer du tuyau de vidange, corrodée extérieurement par le contact d'eau chargée de suie.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
27 sept.	Distillerie, à Bône (Algérie).	Récipient cylindrique vertical en cuivre, cerclé par une collerette en fonte sur laquelle se place un couvercle de cuivre avec couronne de fonte. Diamètre de la ligne circulaire de rivure du couvercle et de sa couronne, 0m,55. Capacité, 480 litres. Age inconnu; dernière épreuve en 1889 au timbre de 0kg,250. Porte une soupape. Reçoit la vapeur d'une chaudière timbrée à 3 kg. et fonctionnant à 2 kg. Sert à distiller le marc. Le couvercle, de 1/2 millim. d'épaisseur, présente un certain nombre de fentes bouchées par de la soudure à l'étain, entre autres deux de 0m,22 et 0m,14 de longueur, le long de la ligne des rivets de la couronne.	Au cours d'une distillation, la tôle de cuivre du couvercle se cisaille le long de la ligne des rivets de la couronne, est projetée en l'air et retombe à 10 ou 12 mètres de distance.	Faibles dégâts matériels.	Épaisseur trop faible et état défectueux d'entretien du couvercle. Il est possible qu'il y ait eu accidentellement excès de pression, mais cette hypothèse n'est pas nécessaire pour expliquer l'accident.
4 octob.	Fabrique de conserves alimentaires, à la Turballe (Loire-Inférieure).	Chaudière composée de deux bouilleurs inférieurs et d'un faisceau supérieur de douze tubes bouilleurs en cuivre de 0m,07 de diamètre extérieur, de 3mm,5 d'épaisseur, reliés entre eux par des tuyaux ou boîtes en fonte extérieurs au massif de maçonnerie. Les boîtes en fonte portent, en face de chaque tube, un trou de poing fermé par un bouchon à vis. Un réservoir d'eau et de vapeur non chauffé complète l'appareil; le niveau de l'eau est au-dessus du faisceau des tubes. Capacité, 811 litres. Timbre, 20 kg. Construction, 1880. Epreuve décennale, 1890.	Un tube s'étant crevé sur 0m,24 de longueur, à la soudure, sous la pression de 10 ou 11 kg., on l'isole en en tamponnant les deux extrémités au moyen de tampons en bois de sapin légèrement tronconiques et pourvus d'un épaulement. La chaudière étant remise en pression à 6 kg., le tampon d'avant cisaille son épaulement sur la tranche du tube et s'y enfonce jusqu'en arrière de la déchirure, d'où fuite de vapeur. On le remplace et l'on remet en feu. A onze heures, le tampon d'arrière s'enfonce à son tour et repousse le premier tampon en avant de la déchirure, d'où nouvelle fuite qui brûle l'aide-mécanicien.	Un ouvrier brûlé mortellement.	Façon défectueuse dont on avait tamponné les extrémités d'un tube bouilleur précédemment crevé.
11 octob.	Lavoir, à Paris.	Chaudière à deux bouilleurs. Capacité,	Peu après le changement de chauf-	Démolition de la de-	Sur-chauffe causée probablement

		3 mètres cubes. Timbre, 5 kg. Diamètre des bouilleurs, 0m,50; épaisseur, 10 millim. Il est possible que les indicateurs du niveau de l'eau (tube de verre et flotteur Lethuillier-Pinel) fussent tous deux hors d'usage. Alimentation par bouteille.	feur du matin, le bouilleur de droite se déchire au coup de feu sur 0m,73 de long, avec bâillement de 0m,12.	vanture du fourneau.	par un défaut d'alimentation.
13 octob.	Fabrique de boissellerie, à Gérardmer (Vosges).	Chaudière à deux bouilleurs. Capacité, 3m3,750. Timbre, 6 kg. Diamètre des bouilleurs, 0m,45; épaisseur, 8mm,5. Le tube en verre avait sa tubulure d'eau obstruée au moins presque complètement par le caoutchouc du joint, qui s'était replié en englobant deux fragments d'un ancien tube. Le 2e indicateur de niveau (flotteur) était hors d'usage. Alimentation par une pompe qui, en temps normal, devait marcher dix heures sur douze pour suffire, et qui, à cette époque, présentait une fuite au clapet d'aspiration, réduisant de 128 à 46 grammes son débit par tour de machine.	Sous la pression de 3 kg., pendant un arrêt de la machine, le bouilleur de droite se déchire au coup de feu sur 0m,84 de long, avec bâillement de 0m,166. Colorations caractéristiques de la surchauffe sur ce bouilleur et au bas du fond arrière du corps principal, tandis que le bouilleur de gauche, dans le haut duquel aboutissait l'alimentation, contenait encore 200 litres d'eau après l'accident et ne montrait pas de surchauffe.	Deux enfants brûlés, l'un mortellement, l'autre grièvement. Faibles dégâts matériels.	Surchauffe résultant d'un manque d'eau qui a été la conséquence du fonctionnement défectueux de la pompe alimentaire; le mauvais état des indicateurs de niveau expliquant d'ailleurs comment le chauffeur a pu ne pas s'en apercevoir en temps utile.
19 octob.	Tissage de coton, à Bolbec (Seine-Inférieure).	Cylindre sécheur d'encolleuse, formé d'une virole soudée en cuivre, de 1m,50 de diamètre, avec deux fonds plats en tôle reliés par douze tirants. Capacité, 2m3,5. L'encolleuse comprenait ce cylindre et un autre analogue de 1 mètre de diamètre. Construction, 1868. Dernière épreuve le 10 octobre 1891, au timbre de 2 kg. Vapeur venant de générateurs timbrés à 7 kg., par une conduite munie d'un robinet-valve et d'un détendeur à cloche et à contrepoids chargé pour la pression de 1kg,489, avec manomètre; sur les branchements aboutissant aux deux cylindres, soupapes chargées respectivement pour les pressions de 1kg,675 et 1kg,461. A l'intérieur du cylindre, le long de la ligne de soudure, existaient de la soudure en bavure et une pièce de 0m,10 × 0m,35 posée en 1879. A l'endroit de cette pièce, l'épaisseur du cuivre, de 2 millim. partout ailleurs, était réduite à 1 millim.	Après chômage de cette encolleuse pendant près d'un an, on ouvre légèrement le robinet-valve de la conduite pour y admettre de la vapeur; les soupapes se mettent à souffler, mais le manomètre du détendeur ne marquant que 1kg,5, on n'y attache pas d'importance. On ouvre davantage le robinet-valve pour mettre en fonction une encolleuse voisine : le cylindre éclate alors en s'ouvrant à la soudure sur 0m,90 de long. Après l'explosion, on constate que le manomètre donnait de fausses indications et que le détendeur fonctionnait mal. La soupape du gros cylindre a été retrouvée coincée et adhérente à son siège; l'autre était en bon état.	Dégâts matériels peu importants.	L'explosion paraît due à un excès de pression rendu possible par le fonctionnement défectueux du détendeur de la conduite alimentaire de vapeur et non révélé par le manomètre dont le tuyau était presque complètement bouché. Les soupapes de l'encolleuse n'ont pas suffi à empêcher la pression de monter, et la rupture du cylindre, favorisée par le mauvais état de sa soudure, s'est produite lorsqu'on a augmenté l'ouverture du robinet-valve de la conduite de vapeur afin de mettre en fonction une encolleuse voisine.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
25 octob.	Papeterie, à Scaër (Finistère).	Chaudière à deux bouilleurs. Capacité, $4^{m3},6$. Timbre, 2 kg. Construction remontant au moins à 1863 ; dernière épreuve en 1885, après pose d'une pièce à l'arrière du corps principal. En 1890, on constate une fuite à la communication arrière du bouilleur de gauche, et au voisinage une corrosion du corps principal ; on met une deuxième pièce à ce dernier et l'on adapte à la communication, sur presque toute sa moitié de gauche, une pièce boulonnée et maintenue en outre par deux colliers de fer. Réparation non portée à la connaissance de l'ingénieur des mines. La pièce boulonnée, fendue vers le bas, donne lieu à des fuites qui corrodent le bouilleur au-dessous de la communication, au point de réduire l'épaisseur de 11 à 2 millim. ; dans la même région, à l'intérieur du bouilleur, corrosions en forme de cavités de 1 millim. de profondeur, attribuables vraisemblablement au voisinage du débouché de l'alimentation.	Lors d'une mise en feu succédant à un balayage intérieur des bouilleurs, et sous la pression de 1/2 k., une crevasse de $0^{m},10$ de longueur se forme dans la région corrodée du bouilleur de gauche. Vidange de la chaudière, pendant laquelle le chauffeur ne trouvant pas la porte de sortie dans l'obscurité (la lampe s'était éteinte), ouvre la porte du foyer pour éclairer sa retraite ; il est aussitôt atteint par un jet d'eau brûlante et de vapeur, et meurt le lendemain.	Chauffeur brûlé mortellement.	Amincissement extrême de la tôle d'arrière du bouilleur de gauche, déterminé par des corrosions, les unes intérieures peu profondes, les autres extérieures beaucoup plus graves. Les premières paraissent avoir été produites par l'action de l'eau d'alimentation, dont le tuyau débouchait à proximité de la région affaiblie. Les autres ont été causées par des fuites prolongées à la communication qui avait été réparée en 1890 (sans que le service des mines en fût avisé).
7 nov.	Fabrique de bois pour charronnage, à Castres (Tarn).	Chaudière Field. Diamètre de l'enveloppe, $0^{m},90$. Epaisseur primitive de la tôle, 10 millim. Capacité, $0^{m3},772$. Timbre, 6 kg. Construction, 1883. En avril 1891, remplacement de l'autoclave d'un trou de vidange, qui était situé au bas de l'enveloppe et qui fuyait, par un système de deux plaques de tôle reliées par deux boulons et comprenant entre elles, avec interposition de	Pendant que la chaudière était abandonnée à elle-même, à l'heure du déjeuner, arrachement de la tôle de l'enveloppe autour du trou de vidange ; projection de l'obturateur et déchirure de la tôle donnant naissance à des fragments, dont l'un lancé à quelques mètres. Démolition du revêtement en briques de la chaudière.	Dégâts matériels insignifiants.	Amincissement extrême de la tôle, provenant surtout de corrosions extérieures produites par des fuites d'eau chaude et de vapeur, à un joint de trou de vidange incomplètement étanche.

		... de l'orifice à boucher. Tôle corrodée au voisinage de cet orifice, extérieurement par les fuites, intérieurement sous forme de piqûres (attribuables vraisemblablement au voisinage du débouché de l'alimentation), au point de n'avoir plus que 2 millim., et même 1mm,5.			
27 nov.	**Fabrique de colles, à Aubervilliers (Seine).**	Récipient à cuire les os sous pression. Paroi cylindrique de 1m,45 de diamètre, en tôle de fer de 9mm,5 à 10 millim. d'épaisseur primitive, cerclée à sa partie supérieure par une collerette en fonte qui lui est rivée par une ligne de rivets de 21 millim. avec espacement de 34 millim. Sur cette collerette se fixe un couvercle de fonte assujetti par des boulons à rotation et portant une soupape de sûreté. Capacité, 2^{m3},580. Timbre, 3 kg. Construction, 1881. Les matières, chargées dans cet appareil avec de l'eau contenant une certaine dose d'acide sulfureux, sont chauffées par un serpentin de vapeur non perforé, en relation avec une batterie de chaudières timbrées à 6 kg. et fonctionnant, dit-on, à 4^{kg},5 lors de l'accident. Corrosions intérieures profondes à la partie supérieure de la paroi cylindrique, réduisant l'épaisseur presque à néant, en certains points, le long de la rivure de la collerette.	**A la fin d'une opération, apparition d'une fuite de vapeur au-dessous du couvercle, puis, un instant après, détachement en grand de la collerette de fonte par suite de la rupture de la paroi cylindrique le long de la ligne des rivets de cette collerette. Projection de celle-ci et du couvercle attachés l'un à l'autre, qui démolissent une partie de toiture et retombent à environ 10 mètres.**	**Faibles dégâts matériels.**	**Corrosions intérieures profondes, qui, dans la partie supérieure** de l'appareil, avaient réduit l'épaisseur des tôles de man**ière à** rendre leur rupture imm**inente** sous la pression nor**male de marche. Ces corrosions ont elles-mêmes eu pour cause la nature acide des liquides introduits dans le vase, pour le traitement des matières à élaborer.**
3 déc.	**Atelier de charronnage, à Paris.**	Chaudière cylindrique horizontale avec tube-foyer intérieur de 0m,43 de diamètre et 10 ou 11 millim. d'épaisseur, prolongé par un faisceau tubulaire direct. Capacité, 639 litres. Timbre, 6 kg. Construction, 1867. Dernière épreuve, trois jours avant l'accident. Alimentation par une pompe solidaire de la machine. Communication inférieure du tube de niveau avec la chaudière partiellement bouchée par le tartre.	**Formation au ciel du foyer d'une poche de 0m,137 de flèche, présentant à son sommet une crevasse transversale de 0m,21 de long; tôle offrant nettement la coloration bleuie. Peu de temps auparavant, l'eau avait disparu dans le tube en verre.**	**Néant.**	**Coup de feu qui a très probablement été la conséquence d'un manque d'eau.**

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
12 déc.	Fabrique de fils retors, à Comines (Nord).	Cylindre sécheur en cuivre de 0m,70 de diamètre, avec fonds plats en fonte de 15 millim. d'épaisseur, sans renforcement notable vers le centre ni vers les bords. Les extrémités de la virole de cuivre, rabattues vers l'extérieur, étaient serrées par des boulons entre chacun des plateaux et une couronne en fer forgé. Capacité, 327 litres. Appareil non timbré, destiné à faire partie d'un métier à lustrer le fil. Un orifice, qui devait recevoir plus tard un purgeur, était bouché par un paquet d'étoupes; un robinet purgeur, placé sur l'un des fonds, était fermé; l'appareil, formant ainsi vase clos, recevait par une tubulure placée sur l'un de ses fonds la vapeur de générateurs timbrés à 5 kg. et marchant d'ordinaire à 4kg,5.	L'appareil était en essais. Éclatement du plateau par lequel arrivait la vapeur, qui s'est étoilé suivant six lignes de rupture. Quatre des morceaux sont restés adhérents, par les boulons, à la partie cylindrique; deux se sont détachés et l'un d'eux est venu fracturer le crâne du contre-maître, seul présent.	Le contre-maître frappé mortellement par un fragment projeté.	Épaisseur insuffisante des fonds, eu égard à leur forme et à la nature du métal qui les constituait; de sorte qu'ils n'ont pu résister à la pression à laquelle ils ont été soumis pendant les essais à chaud, l'appareil ayant alors fonctionné comme un vase clos en relation avec des générateurs timbrés à 5kg, sans être pourvu de soupapes de sûreté.
16 déc.	Mine de houille, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).	Chaudière à flammes renversées, composée d'un corps cylindrique de 1m,20 de diamètre et 11m,10 de longueur, sous la partie antérieure duquel est située la grille, et de quatre bouilleurs inférieurs de 0m,60 de diamètre et 9m,40 de longueur, disposés en deux rangées de deux, que les gaz chauds viennent successivement lécher après avoir chauffé le corps supérieur. Communication des bouilleurs entre eux et avec le corps [illegible]	Vers la fin du poste de nuit, après une alimentation, le corps principal se déchire au coup de feu sur une longueur de 2m,80; la partie antérieure, de 5m,80 de long, se détache suivant une section transversale en pleine tôle et est projetée violemment vers l'avant, en crevant une toiture et renversant une muraille. Le reste de la chaudière recule de 1m,80 et s'enfonce dans le mur du fond. Plusieurs témoins disent avoir vu, dans [illegible]	Un des deux chauffeurs mortellement brûlé; l'autre, qui faisait fonctions d'alimenteur, grièvement contusionné.	Coup de feu par manque d'eau. Cet accident est imputable à la négligence de l'alimenteur, et ses effets ont été aggravés par le type de la chaudière (à flammes renversées), en raison duquel les bouilleurs renfermaient une quantité d'eau encore considérable, alors que le corps principal était déjà porté au rouge.

		de diamètre [illegible] lim. Capacité, 24m³,6. Timbre, 6 kg Comme indicateurs du niveau de l'eau, tube en verre et indicateur Lethuillier-Pinel avec sifflets d'alarme. Faisait partie d'une batterie de huit chaudières, dont sept fonctionnaient. Alimentation générale par une pompe. La chaudière était très propre.	projetée rouge (lumineuse) dans la région du coup de feu. Cette région portait après coup les teintes caractéristiques d'une surchauffe.		
20 déc.	Sucrerie, à Saint-Just-en-Chaussée (Oise).	Chaudière du type locomotive, mais avec enveloppe de maçonnerie et double carneau de flammes sous le corps cylindrique. Capacité, 9m³,739. Timbre, 5 kg. Indicateurs de niveau en état de servir : un tube de verre et deux robinets de jauge. Faisait partie, sous le n° 4, d'une batterie de sept générateurs semblables, avec clapets de vapeur système Vaultier. Le clapet de vapeur de la chaudière n° 4 avait ses brides affaiblies par un alésage intérieur, dont l'objet avait été de compenser une légère insuffisance de diamètre de ses tubulures.	Le chauffeur voulant faire la vidange partielle du générateur en vue d'évacuer les impuretés, ouvre le robinet de vidange, perd de vue le tube de verre, et, lorsqu'il s'aperçoit qu'il est vide, ne fait pas le nécessaire aussitôt. Gondolement de la plaque tubulaire sur 0m,30 de hauteur et déboitement de 28 tubes (sur 140), d'où fuite d'eau et de vapeur; en même temps la secousse brise l'une des brides du clapet de vapeur, qui donne issue à la vapeur de la chaudière.	Néant.	Surchauffe provoquée par la vidange de la chaudière, poussée trop loin pendant qu'elle était en service, et imputable à l'inattention du chauffeur, qui n'a pas consulté en temps utile son tube de verre et ses robinets de jauge.
26 déc.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière type Belleville, comprenant 5 éléments doubles de dix-huit tubes bouilleurs, ayant chacun 125 millim de diamètre extérieur et 2m,40 de long. Epurateur de 0m,50 de diamètre, d'un type spécial, présentant un compartiment inférieur dont certaines parties sont difficilement accessibles au nettoyage. Capacité, 2m³,6. Timbre, 15 kg. Construction, 1888. La chaudière venait d'être nettoyée.	Déchirure du 2e tube de l'élément de droite (tube inférieur de la file de gauche de cet élément), sur 0m,42 de long, avec 0m,09 de bâillement. Les portes de façade de la boite à tube s'ouvrent en faussant en haut et en bas leur crémone, qui était fermée, s'élèvent par-dessus leurs gonds et tombent dans la chaufferie. Après l'accident, le faisceau des tubes ne présente de traces de surchauffe que dans la région de droite. On constate l'obstruction partielle, par le tartre, du débouché de l'élément de droite dans l'épurateur.	Un chauffeur brûlé grièvement.	Surchauffe provoquée par un défaut local de circulation, consécutif à l'entartrement partiel du débouché de l'un des éléments dans l'épurateur supérieur.

de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
5 août.	Usine d'élévation d'eau, à Hennebont (Morbihan).	Chaudière Oriolle, comprenant deux lames d'eau réunies par 119 tubes en acier doux de 1m,50 de long et 0m,055 de diamètre intérieur, et un réservoir supérieur. Capacité, 1m3,146. Timbre, 8 kg. Construction, avril 1890. Epaisseur primitive des tubes, 2mm,5; métal de densité presque égale à 7,9, ne contenant ni soufre, ni phosphore. Alimentation par de l'eau de puits, contenant seulement 0gr,038 de chlorure de sodium par litre et des traces de sulfate de chaux; débouche à la partie antérieure. On ne chauffait la chaudière que deux fois par semaine et l'on en faisait ensuite écouler l'eau, dans la pensée que l'appareil s'userait moins rapidement. Un grand nombre de tubes étaient corrodés intérieurement dans leur moitié d'avant, au voisinage de la génératrice inférieure.	Alors que la pression était de 3 kg. ou 3kg,5, le 2e tube (à partir de la gauche) de la 6e rangée (à partir du bas) se crevasse sur une longueur de 0m,25, commençant à 0m,10 de son extrémité antérieure. La porte du cendrier était fermée et celle du foyer ouverte: jet de vapeur par cette ouverture, ainsi que par un des regards de la lame d'eau d'avant. Ce tube portait, dans sa moitié antérieure, suivant sa génératrice inférieure, une zone d'amincissement de 0m,03 de large, au milieu de laquelle l'épaisseur était réduite à 0mm,5 au voisinage de la crevasse qui s'est formée; celle-ci comportait une disparition complète du métal sur une largeur de 0m,01; ses bords, presque coupants, n'étaient pas déplacés et l'ensemble du tube demeurait circulaire.	Chauffeur légèrement brûlé aux jambes et au visage (8 jours d'incapacité de travail).	Amincissement extrême du tube, produit par des corrosions intérieures profondes, lesquelles paraissent avoir été elles-mêmes déterminées par les alternatives fréquentes de chauffe et de vidange de l'appareil.
9 août.	Forges, à Rimaucourt (Haute-Marne).	Chaudière horizontale à deux bouilleurs, chauffée par les flammes perdues de deux fours à réchauffer, dont les flammes arrivaient tangentiellement sous les bouilleurs. Capacité, 13m3,183. Construction, 1859, avec le timbre 5 atm. 1/2. Dernière épreuve, avril 1884, au timbre de 4 kg. — N° 2 d'une batterie de huit chaudières chauffées par les flammes perdues. Dimensions des bouilleurs, 0m,70 de diamètre et 8m,50 de long. La tôle du bouilleur de gauche, d'une épaisseur primitive de 10 millim., était corrodée extérieurement dans toute la région supérieure, mais surtout en avant	Alors que la pression de la batterie était de 3kg,500, rupture du bouilleur de gauche à partir de l'endroit le plus corrodé, fragmentation et projection des débris, déplacement de toute la chaudière, effondrement de toitures, etc. Les clapets de vapeur des autres chaudières fonctionnent, sauf celui de la chaudière n° 1, emporté par l'explosion. Diverses mesures prises à propos réussissent à empêcher la pression de s'élever à plus de 4kg,5 aux autres chaudières.	Huit ouvriers mortellement atteints par projection des débris et surtout par brûlures. — Deux autres blessés, dont un grièvement. — Dégâts matériels importants.	Extrême amincissement de la tôle supérieure d'avant du bouilleur de gauche, qui a cédé sous l'action de la pression normale de marche. Cet amincissement a lui-même été la conséquence de corrosions extérieures profondes, résultant pour la plus grande partie de fuites aux rivets d'assemblage du bouilleur avec la première communication.

		de la première communication dont les rivets d'assemblage avaient fui; là, sur $1^m,50$ de long et $0^m,20$ de large, épaisseur restante ne dépassant guère de 2 à 4 millim. et réduite à 1 millim. et même un peu moins en une place.			
10 sept.	Bateau remorqueur, en rade de Dunkerque (Nord).	Chaudière à deux tubes-foyers intérieurs et retour de flammes tubulaire. Capacité, $9^{m3},460$ Timbre, 3 kg. Construction, 1879. Dernière épreuve, 17 août 1891. Le bateau possède deux chaudières semblables. Bien qu'il naviguât à la mer et que la pression de marche fût de 3 kg., on faisait usage d'un condenseur par mélange, ce qui, dans ces conditions, doit être critiqué. Le capitaine prétend qu'on alimentait tous les jours à l'eau douce pendant le séjour du remorqueur dans le port, et qu'on faisait régulièrement les extractions. L'eau contenue dans les chaudières lors de l'accident titrait. à la température de 30°, 27° au salinomètre, soit densité : 1,23. Un dépôt de sel de 10 millim. au minimum recouvrait les tubes-foyers de la chaudière tribord.	Pendant que le bateau était en marche normale, il se forme à la partie supérieure de chacun des deux tubes-foyers de la chaudière tribord, près de la boite à feu, deux bosses assez saillantes, disposées à peu près symétriquement par rapport aux plans verticaux passant par les axes de ces tubes Celle de gauche du foyer de droite a une flèche de $0^m,14$ et la tôle se crève à sa partie antérieure. Écoulement d'eau dans le foyer; le mécanicien ferme la porte du cendrier et celle de chargement, coupe la communication d'eau entre les deux chaudières et soulage les soupapes.	Néant.	Surchauffe des ciels des tubes-foyers intérieurs, déterminée par l'existence des dépôts salins épais qui recouvraient ces foyers.
14 sept.	Fabrique de tissus, à Roubaix (Nord).	Chaudière type Babcock et Wilcox, comprenant douze éléments de neuf tubes bouilleurs en fer de 96 millim de diamètre intérieur et 3 millim. d'épaisseur. Capacité, $12^{m3},340$. Timbre, 8 kg. Construction, 1887. Le tuyau de vidange, en fer, part du collecteur intérieur auquel il est relié par une manchette de même métal, de $0^m,06$ de diamètre et 5 millim. d'épaisseur primitive, vissée sur une tubulure. Cette manchette est dans le fond de la chambre à fumée, qui constitue une sorte de fosse où séjourne l'eau et où s'accumule la suie. Corrosions extérieures à la manchette, au tuyau et au bas du collecteur.	Ouverture du tube supérieur du 8e élément (à partir de la gauche) à $1^m,55$ de son extrémité avant, sur $0^m,30$ de long, avec bâillement de $0^m,073$, par décollement de la soudure. On constate après l'accident, dans la chambre à fumée qui renferme un volume d'eau assez considérable, que la manchette d'insertion du tuyau de vidange présente un trou de corrosion de 1/2 à 1 centimètre carré de section.	Néant.	Surchauffe par manque d'eau à la partie supérieure du faisceau des tubes bouilleurs, l'eau de la chaudière s'étant en partie écoulée par un trou qui s'est formé à la manchette en fer du tuyau de vidange, corrodée extérieurement par le contact d'eau chargée de suie.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
27 sept.	Distillerie, à Bône (Algérie).	Récipient cylindrique vertical en cuivre, cerclé par une collerette en fonte sur laquelle se place un couvercle de cuivre avec couronne de fonte. Diamètre de la ligne circulaire de rivure du couvercle et de sa couronne, $0^m,55$. Capacité, 480 litres. Age inconnu; dernière épreuve en 1889 au timbre de $0^{kg},250$. Porte une soupape. Reçoit la vapeur d'une chaudière timbrée à 3 kg. et fonctionnant à 2 kg. Sert à distiller le marc. Le couvercle, de 1/2 millim. d'épaisseur, présente un certain nombre de fentes bouchées par de la soudure à l'étain, entre autres deux de $0^m,22$ et $0^m,14$ de longueur, le long de la ligne des rivets de la couronne.	Au cours d'une distillation, la tôle de cuivre du couvercle se cisaille le long de la ligne des rivets de la couronne, est projetée en l'air et retombe à 10 ou 12 mètres de distance.	Faibles dégâts matériels.	Épaisseur trop faible et état défectueux d'entretien du couvercle. Il est possible qu'il y ait eu accidentellement excès de pression, mais cette hypothèse n'est pas nécessaire pour expliquer l'accident.
4 octob.	Fabrique de conserves alimentaires, à la Turballe (Loire-Inférieure).	Chaudière composée de deux bouilleurs inférieurs et d'un faisceau supérieur de douze tubes bouilleurs en cuivre de $0^m,07$ de diamètre extérieur, de $3^{mm},5$ d'épaisseur, reliés entre eux par des tuyaux ou boites en fonte extérieurs au massif de maçonnerie. Les boites en fonte portent, en face de chaque tube, un trou de poing fermé par un bouchon à vis. Un réservoir d'eau et de vapeur non chauffé complète l'appareil; le niveau de l'eau est au-dessus du faisceau des tubes. Capacité, 811 litres. Timbre, 20 kg. Construction, 1880. Epreuve décennale, 1890.	Un tube s'étant crevé sur $0^m,24$ de longueur, à la soudure, sous la pression de 10 ou 11 kg., on l'isole en en tamponnant les deux extrémités au moyen de tampons en bois de sapin légèrement tronconiques et pourvus d'un épaulement. La chaudière étant remise en pression à 6 kg., le tampon d'avant cisaille son épaulement sur la tranche du tube et s'y enfonce jusqu'en arrière de la déchirure, d'où fuite de vapeur. On le remplace et l'on remet en feu. A onze heures, le tampon d'arrière s'enfonce à son tour et repousse le premier tampon en avant de la déchirure, d'où nouvelle fuite qui brûle l'aide-mécanicien.	Un ouvrier brûlé mortellement.	Façon défectueuse dont on avait tamponné les extrémités d'un tube bouilleur précédemment crevé.
11 octob.	Lavoir, à Paris.	Chaudière à deux bouilleurs. Capacité,	Peu après le changement de chauf-	Dénudation de la de-	Surchauffe causée probablement

		3 mètres cubes. Timbre, 5 kg. Diamètre des bouilleurs, 0m,50; épaisseur, 10 millim. Il est possible que les indicateurs du niveau de l'eau (tube de verre et flotteur Lethuillier-Pinel) fussent tous deux hors d'usage. Alimentation par bouteille.	feur du matin, le bouilleur de droite se déchire au coup de feu sur 0m,73 de long, avec bâillement de 0m,12.	vanture du fourneau.	par un défaut d'alimentation.
13 octob.	Fabrique de boissellerie, à Gérardmer (Vosges).	Chaudière à deux bouilleurs. Capacité, 3m³,750. Timbre, 6 kg. Diamètre des bouilleurs, 0m,45; épaisseur, 8mm,5. Le tube en verre avait sa tubulure d'eau obstruée au moins presque complètement par le caoutchouc du joint, qui s'était replié en englobant deux fragments d'un ancien tube. Le 2e indicateur de niveau (flotteur) était hors d'usage. Alimentation par une pompe qui, en temps normal, devait marcher dix heures sur douze pour suffire, et qui, à cette époque, présentait une fuite au clapet d'aspiration, réduisant de 128 à 46 grammes son débit par tour de machine.	Sous la pression de 3 kg., pendant un arrêt de la machine, le bouilleur de droite se déchire au coup de feu sur 0m,84 de long, avec bâillement de 0m,166. Colorations caractéristiques de la surchauffe sur ce bouilleur et au bas du fond arrière du corps principal, tandis que le bouilleur de gauche, dans le haut duquel aboutissait l'alimentation, contenait encore 200 litres d'eau après l'accident et ne montrait pas de surchauffe.	Deux enfants brûlés, l'un mortellement, l'autre grièvement. Faibles dégâts matériels.	Surchauffe résultant d'un manque d'eau qui a été la conséquence du fonctionnement défectueux de la pompe alimentaire; le mauvais état des indicateurs de niveau expliquant d'ailleurs comment le chauffeur a pu ne pas s'en apercevoir en temps utile.
19 octob.	Tissage de coton, à Bolbec (Seine-Inférieure).	Cylindre sécheur d'encolleuse, formé d'une virole soudée en cuivre, de 1m,50 de diamètre, avec deux fonds plats en tôle reliés par douze tirants. Capacité, 2m³,5. L'encolleuse comprenait ce cylindre et un autre analogue de 1 mètre de diamètre. Construction, 1868. Dernière épreuve le 10 octobre 1891, au timbre de 2 kg. Vapeur venant de générateurs timbrés à 7 kg., par une conduite munie d'un robinet-valve et d'un détendeur à cloche et à contrepoids chargé pour la pression de 1kg,489, avec manomètre; sur les branchements aboutissant aux deux cylindres, soupapes chargées respectivement pour les pressions de 1kg,675 et 1kg,461. A l'intérieur du cylindre, le long de la ligne de soudure, existaient de la soudure en bavure et une pièce de 0m,10 × 0m,35 posée en 1879. A l'endroit de cette pièce, l'épaisseur du cuivre, de 2 millim. partout ailleurs, était réduite à 1 millim.	Après chômage de cette encolleuse pendant près d'un an, on ouvre légèrement le robinet-valve de la conduite pour y admettre de la vapeur; les soupapes se mettent à souffler, mais le manomètre du détendeur ne marquant que 1kg,5, on n'y attache pas d'importance. On ouvre davantage le robinet-valve pour mettre en fonction une encolleuse voisine : le cylindre éclate alors en s'ouvrant à la soudure sur 0m,90 de long. Après l'explosion, on constate que le manomètre donnait de fausses indications et que le détendeur fonctionnait mal. La soupape du gros cylindre a été retrouvée coincée et adhérente à son siège; l'autre était en bon état.	Dégâts matériels peu importants.	L'explosion paraît due à un excès de pression rendu possible par le fonctionnement défectueux du détendeur de la conduite alimentaire de vapeur et non révélé par le manomètre dont le tuyau était presque complètement bouché. Les soupapes de l'encolleuse n'ont pas suffi à empêcher la pression de monter, et la rupture du cylindre, favorisée par le mauvais état de sa soudure, s'est produite lorsqu'on a augmenté l'ouverture du robinet-valve de la conduite de vapeur afin de mettre en fonction une encolleuse voisine.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
25 octob.	Papeterie, à Scaër (Finistère).	Chaudière à deux bouilleurs. Capacité, $4^{m3},6$. Timbre, 2 kg. Construction remontant au moins à 1863; dernière épreuve en 1885, après pose d'une pièce à l'arrière du corps principal. En 1890, on constate une fuite à la communication arrière du bouilleur de gauche, et au voisinage une corrosion du corps principal; on met une deuxième pièce à ce dernier et l'on adapte à la communication, sur presque toute sa moitié de gauche, une pièce boulonnée et maintenue en outre par deux colliers de fer. Réparation non portée à la connaissance de l'ingénieur des mines. La pièce boulonnée, fendue vers le bas, donne lieu à des fuites qui corrodent le bouilleur au-dessous de la communication, au point de réduire l'épaisseur de 11 à 2 millim.; dans la même région, à l'intérieur du bouilleur, corrosions en forme de cavités de 1 millim. de profondeur, attribuables vraisemblablement au voisinage du débouché de l'alimentation.	Lors d'une mise en feu succédant à un balayage intérieur des bouilleurs, et sous la pression de 1/2 k., une crevasse de $0^m,10$ de longueur se forme dans la région corrodée du bouilleur de gauche. Vidange de la chaudière, pendant laquelle le chauffeur ne trouvant pas la porte de sortie dans l'obscurité (la lampe s'était éteinte), ouvre la porte du foyer pour éclairer sa retraite; il est aussitôt atteint par un jet d'eau brûlante et de vapeur, et meurt le lendemain.	Chauffeur brûlé mortellement.	Amincissement extrême de la tôle d'arrière du bouilleur de gauche, déterminé par des corrosions, les unes intérieures peu profondes, les autres extérieures beaucoup plus graves. Les premières paraissent avoir été produites par l'action de l'eau d'alimentation, dont le tuyau débouchait à proximité de la région affaiblie. Les autres ont été causées par des fuites prolongées à la communication qui avait été réparée en 1890 (sans que le service des mines en fût avisé).
7 nov.	Fabrique de bois pour charronnage, à Castres (Tarn).	Chaudière Field. Diamètre de l'enveloppe, $0^m,90$. Epaisseur primitive de la tôle, 10 millim. Capacité, $0^{m3},772$. Timbre, 6 kg. Construction, 1883. En avril 1891, remplacement de l'autoclave d'un trou de vidange, qui était situé au bas de l'enveloppe et qui fuyait, par un système de deux plaques de tôle reliées par deux boulons et comprenant entre elles, avec interposition de	Pendant que la chaudière était abandonnée à elle-même, à l'heure du déjeuner, arrachement de la tôle de l'enveloppe autour du trou de vidange; projection de l'obturateur et déchirure de la tôle donnant naissance à des fragments, dont l'un lancé à quelques mètres. Démolition du revêtement en briques de la chaudière.	Dégâts matériels insignifiants.	Amincissement extrême de la tôle, provenant surtout de corrosions extérieures produites par des fuites d'eau chaude et de vapeur, à un joint de trou de vidange incomplètement étanche.

		deux lames de plomb, le pourtour de l'orifice à boucher. Tôle corrodée au voisinage de cet orifice, extérieurement par les fuites, intérieurement sous forme de piqûres (attribuables vraisemblablement au voisinage du débouché de l'alimentation), au point de n'avoir plus que 2 millim., et même $1^{mm},5$.			
27 nov.	Fabrique de colles, à Aubervilliers (Seine).	Récipient à cuire les os sous pression. Paroi cylindrique de $1^{m},45$ de diamètre, en tôle de fer de $9^{mm},5$ à 10 millim. d'épaisseur primitive, cerclée à sa partie supérieure par une collerette en fonte qui lui est rivée par une ligne de rivets de 21 millim. avec espacement de 34 millim. Sur cette collerette se fixe un couvercle de fonte assujetti par des boulons à rotation et portant une soupape de sûreté. Capacité, $2^{m3},580$. Timbre, 3 kg. Construction, 1881. Les matières, chargées dans cet appareil avec de l'eau contenant une certaine dose d'acide sulfureux, sont chauffées par un serpentin de vapeur non perforé, en relation avec une batterie de chaudières timbrées à 6 kg. et fonctionnant, dit-on, à $4^{kg},5$ lors de l'accident. Corrosions intérieures profondes à la partie supérieure de la paroi cylindrique, réduisant l'épaisseur presque à néant, en certains points, le long de la rivure de la collerette.	A la fin d'une opération, apparition d'une fuite de vapeur au-dessous du couvercle, puis, un instant après, détachement en grand de la collerette de fonte par suite de la rupture de la paroi cylindrique le long de la ligne des rivets de cette collerette. Projection de celle-ci et du couvercle attachés l'un à l'autre, qui démolissent une partie de toiture et retombent à environ 10 mètres.	Faibles dégâts matériels.	Corrosions intérieures profondes, qui, dans la partie supérieure de l'appareil, avaient réduit l'épaisseur des tôles de manière à rendre leur rupture imminente sous la pression normale de marche. Ces corrosions ont elles-mêmes eu pour cause la nature acide des liquides introduits dans le vase, pour le traitement des matières à élaborer.
3 déc.	Atelier de charronnage, à Paris.	Chaudière cylindrique horizontale avec tube-foyer intérieur de $0^{m},43$ de diamètre et 10 ou 11 millim. d'épaisseur, prolongé par un faisceau tubulaire direct. Capacité, 639 litres. Timbre, 6 kg. Construction, 1867. Dernière épreuve, trois jours avant l'accident. Alimentation par une pompe solidaire de la machine. Communication inférieure du tube de niveau avec la chaudière partiellement bouchée par le tartre.	Formation au ciel du foyer d'une poche de $0^{m},137$ de flèche, présentant à son sommet une crevasse transversale de $0^{m},21$ de long; tôle offrant nettement la coloration bleuie. Peu de temps auparavant, l'eau avait disparu dans le tube en verre.	Néant.	Coup de feu qui a très probablement été la conséquence d'un manque d'eau.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
12 déc.	Fabrique de fils retors, à Comines (Nord).	Cylindre sécheur en cuivre de $0^m,70$ de diamètre, avec fonds plats en fonte de 15 millim. d'épaisseur, sans renforcement notable vers le centre ni vers les bords. Les extrémités de la virole de cuivre, rabattues vers l'extérieur, étaient serrées par des boulons entre chacun des plateaux et une couronne en fer forgé. Capacité, 327 litres. Appareil non timbré, destiné à faire partie d'un métier à lustrer le fil. Un orifice, qui devait recevoir plus tard un purgeur, était bouché par un paquet d'étoupes; un robinet purgeur, placé sur l'un des fonds, était fermé; l'appareil, formant ainsi vase clos, recevait par une tubulure placée sur l'un de ses fonds la vapeur de générateurs timbrés à 5 kg. et marchant d'ordinaire à $4^{kg},5$.	L'appareil était en essais. Éclatement du plateau par lequel arrivait la vapeur, qui s'est étoilé suivant six lignes de rupture. Quatre des morceaux sont restés adhérents, par les boulons, à la partie cylindrique; deux se sont détachés et l'un d'eux est venu fracturer le crâne du contre-maître, seul présent.	Le contre-maître frappé mortellement par un fragment projeté.	Épaisseur insuffisante des fonds, eu égard à leur forme et à la nature du métal qui les constituait; de sorte qu'ils n'ont pu résister à la pression à laquelle ils ont été soumis pendant les essais à chaud, l'appareil ayant alors fonctionné comme un vase clos en relation avec des générateurs timbrés à 5^{kg}, sans être pourvu de soupapes de sûreté.
16 déc.	Mine de houille, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).	Chaudière à flammes renversées, composée d'un corps cylindrique de $1^m,20$ de diamètre et $11^m,10$ de longueur, sous la partie antérieure duquel est située la grille, et de quatre bouilleurs inférieurs de $0^m,60$ de diamètre et $9^m,40$ de longueur, disposés en deux rangées de deux, que les gaz chauds viennent successivement lécher après avoir chauffé le corps supérieur. Communication des bouilleurs entre eux et avec le corps [illegible]	Vers la fin du poste de nuit, après une alimentation, le corps principal se déchire au coup de feu sur une longueur de $2^m,80$; la partie antérieure, de $5^m,80$ de long, se détache suivant une section transversale en pleine tôle et est projetée violemment vers l'avant, en crevant une toiture et renversant une muraille. Le reste de la chaudière recule de $1^m,80$ et s'enfonce dans le mur du fond. Plusieurs témoins disent [illegible]	Un des deux chauffeurs mortellement brûlé; l'autre, qui faisait fonctions d'alimenteur, grièvement contusionné.	Coup de feu par manque d'eau. Cet accident est imputable à la négligence de l'alimenteur, et ses effets ont été aggravés par le type de la chaudière (à flammes renversées), en raison duquel les bouilleurs renfermaient une quantité d'eau encore considérable, alors que le corps principal était déjà porté au rouge.

		lim. Capacité, 24m³,6. Timbre, 6 kg. Comme indicateurs du niveau de l'eau, tube en verre et indicateur Lethuillier-Pinel avec sifflets d'alarme. Faisait partie d'une batterie de huit chaudières, dont sept fonctionnaient. Alimentation générale par une pompe. La chaudière était très propre.	projetée rouge (lumineuse) dans la région du coup de feu. Cette région portait après coup les teintes caractéristiques d'une surchauffe.		
20 déc.	Sucrerie, à Saint-Just-en-Chaussée (Oise).	Chaudière du type locomotive, mais avec enveloppe de maçonnerie et double carneau de flammes sous le corps cylindrique. Capacité, 9m³,739. Timbre, 5 kg. Indicateurs de niveau en état de servir : un tube de verre et deux robinets de jauge. Faisait partie, sous le n° 4, d'une batterie de sept générateurs semblables, avec clapets de vapeur système Vaultier. Le clapet de vapeur de la chaudière n° 4 avait ses brides affaiblies par un alésage intérieur, dont l'objet avait été de compenser une légère insuffisance de diamètre de ses tubulures.	Le chauffeur voulant faire la vidange partielle du générateur en vue d'évacuer les impuretés, ouvre le robinet de vidange, perd de vue le tube de verre, et, lorsqu'il s'aperçoit qu'il est vide, ne fait pas le nécessaire aussitôt. Gondolement de la plaque tubulaire sur 0m,30 de hauteur et déboîtement de 28 tubes (sur 140), d'où fuite d'eau et de vapeur; en même temps la secousse brise l'une des brides du clapet de vapeur, qui donne issue à la vapeur de la chaudière.	Néant.	Surchauffe provoquée par la vidange de la chaudière, poussée trop loin pendant qu'elle était en service, et imputable à l'inattention du chauffeur, qui n'a pas consulté en temps utile son tube de verre et ses robinets de jauge.
26 déc.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière type Belleville, comprenant 5 éléments doubles de dix-huit tubes bouilleurs, ayant chacun 125 millim de diamètre extérieur et 2m,40 de long. Epurateur de 0m,50 de diamètre, d'un type spécial, présentant un compartiment inférieur dont certaines parties sont difficilement accessibles au nettoyage. Capacité, 2m³,6. Timbre, 15 kg. Construction, 1888. La chaudière venait d'être nettoyée.	Déchirure du 2e tube de l'élément de droite (tube inférieur de la file de gauche de cet élément), sur 0m,42 de long, avec 0m,09 de bâillement. Les portes de façade de la boite à tube s'ouvrent en faussant en haut et en bas leur crémone, qui était fermée, s'élèvent par-dessus leurs gonds et tombent dans la chaufferie. Après l'accident, le faisceau des tubes ne présente de traces de surchauffe que dans la région de droite. On constate l'obstruction partielle, par le tartre, du débouché de l'élément de droite dans l'épurateur.	Un chauffeur brûlé grièvement.	Surchauffe provoquée par un défaut local de circulation, consécutif à l'entartrement partiel du débouché de l'un des éléments dans l'épurateur supérieur.

RÉSUMÉ

RÉPARTITION DES ACCIDENTS

DÉSIGNATION	NOMBRE	TUÉS	BLESSÉS (*)
I. — Par nature d'établissements :			
1° *Établissements placés à terre :*			
Mines. — Mines de houille (exploitation et triage)	2	1	2
Usines métallurgiques. — Forges	1	8	1
Agriculture. — Labourage à vapeur	1	»	»
Industries alimentaires. — Sucrerie	1	»	»
Industries alimentaires. — Distillerie	2	»	»
Industries alimentaires. — Brasserie	2	1	1
Industries alimentaires. — Conserves alimentaires	1	1	»
Industrie chimique. — Fabrique de colles	1	»	»
Tissus et vêtements. — Filatures	2	1	1
Tissus et vêtements. — Tissage et fabrication de tissus	3	»	»
Papeterie, objets mobiliers, instruments. — Papeterie	1	1	»
Papeterie, objets mobiliers, instruments. — Charronnerie et bois pour charronnerie	2	»	»
Papeterie, objets mobiliers, instruments. — Fabrique de boissellerie	1	1	1
Entreprises de travaux et diverses. — Élévation d'eau	1	»	»
Entreprises de travaux et diverses. — Scierie de bois	1	1	»
Entreprises de travaux et diverses. — Lavoirs	2	»	1
Entreprises de travaux et diverses. — Usines d'électricité	3	»	1
2° *Bateaux et installations flottantes :*			
Bateaux à vapeur	3	3	»
Chaudière placée sur un chaland pour un battage de pieux	1	»	1
Totaux	31	18	9
II. — Par espèces d'appareils :			
1° *Chaudières chauffées en tout ou en partie à l'extérieur :*			
Horizontales non tubulaires (à foyer extérieur)	5	11	3
Horizontales plus ou moins tubulaires. — à foyer extérieur	3	»	1
Horizontales plus ou moins tubulaires. — à foyer intérieur	1	»	»
A petits tubes bouilleurs (dont une chaudière motrice de bateau)	7	2	1
2° *Chaudières non chauffées à l'extérieur :*			
Locomobiles	4	1	2
Chaudières motrices de bateaux (du type horizontal à retour de flammes)	2	2	»
Chaudières établies à demeure. — Horizontales	2	»	»
Chaudières établies à demeure. — Verticales	2	»	1
3° *Annexes des chaudières*	»	»	»
4° *Récipients et appareils assimilables*	5	2	1
Totaux	31	18	9

(*) Ayant eu plus de vingt jours d'incapacité de travail. Pour les blessures moins graves, voir le bulletin détaillé, qui mentionne tous les blessés signalés par l'enquête administrative.

III. — D'après les causes présumées résultant de l'étude des dossiers administratifs.

1° *Conditions défectueuses d'établissement :*

Dispositions vicieuses.	Couvercles ou fonds de récipients trop faibles . .	3	6	
	Dispositions de chaudières ne permettant pas un nettoyage complet, d'où défaut de circulation ou entartrement, et surchauffe	2		
	Tubes à fumée trop minces	1		
Matériaux mauvais ou mal fabriqués. . . .	Tubes bouilleurs ayant un défaut de soudure. .	1	3	
	Tubes bouilleurs fissuré de fabrication	1		
	Mauvaise qualité des tôles d'un corps de chaudière.	1		
	Total.			9

2° *Conditions défectueuses d'entretien :*

Corrosions.	extérieures ayant amené directement l'accident.	5	9	
	extérieures ayant produit une vidange, d'où surchauffe par manque d'eau	1		
	intérieures	3		
Surchauffe par l'effet des dépôts			2	
Tamponnage vicieux d'un tube.			1	
Défauts d'entretien autres ou non précisés			2	
	Total.			14

3° *Mauvais emploi des appareils :*

Manque d'eau.	par défaut d'alimentation	6	9	
	par vidange de la chaudière.	2		
	(par vidange de la chaudière?).	1		
Excès de pression.			5	
	Total.			14

Total général : 37

Remarques. — Le nombre total des causes présumées est ainsi égal à 37 pour 31 accidents, parce que, dans 6 cas, l'accident a paru provenir de la coexistence de deux causes, savoir : 1° mauvaise qualité des tôles et mauvais entretien (4 mars); 2° tube ayant un défaut de soudure et surchauffé par l'effet d'un dépôt graisseux (4 juin); 3° et 4° défaut de solidité d'un couvercle ou d'un fond de récipient, et excès de pression (24 juin et 12 décembre); 5° corrosion ayant produit une vidange, et manque d'eau consécutif (14 septembre); 6° défaut de solidité d'un couvercle de récipient et mauvais état d'entretien (27 septembre). De plus, dans l'un des accidents attribués à une disposition vicieuse (tubes à fumée trop minces) (3 janvier), il y a peut-être eu, en outre, surchauffe par abaissement du plan d'eau résultant d'une obstruction. Le résumé ci-dessus ne tient pas compte de cette deuxième cause hypothétique.

Dans la nomenclature des victimes (tués et blessés grièvement) on remarquera, comme par le passé, la forte proportion des personnes mortellement atteintes : leur nombre est double de celui des blessés. En ce qui concerne la nature des lésions, la plupart consistent uniquement ou principalement en des brûlures : sur les 27 victimes, le bulletin en mentionne 12 qui n'ont été certainement que brûlées, et 8 (accident du 9 août) qui ont été mortellement atteintes surtout par brûlures (*).

(*) A cet égard, les accidents du 4 juin et du 25 octobre font ressortir l'importance des issues de chaufferies et des dispositions relatives aux fermetures des fourneaux.

BULLETIN.

ACTES DE COURAGE ET DE DÉVOUEMENT.

ACCIDENTS ARRIVÉS DANS LES MINES ET CARRIÈRES.

Extrait des rapports du ministre de l'intérieur, approuvés par le Président de la Répub
en 1892 (*).

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or.	en argent.	MENTIONS honorables.
		24 février 1892.			
		SEINE-INFÉRIEURE.	classes.		
REVEL (Liévin-Louis), contrôleur des mines de 1re classe, au Havre.	Carrière à Bordeaux-Saint-Clair. (7 janvier 1892.)	Se sont tout particulièrement distingués en travaillant au sauvetage de trois ouvriers ensevelis sous un éboulement dans une marnière souterraine. Le contrôleur Revel a, dans cette circonstance, fait preuve d'un courage et d'un sang-froid rares.	2e		
LEPRÉVOTS (Stanislas-Édouard), ouvrier marneur, à Bordeaux-Saint-Clair.				2e	
		23 mars 1892.			
		LOIRE.			
ROCHELET (Jean), ouvrier piqueur à la concession houillère de Dourdel et Monsalson.	Mines de houille de Dourdel et Monsalson (23 mai 1890.)	A, au péril de sa vie, sauvé d'une mort certaine deux ouvriers tombés asphyxiés au fond d'une galerie. A, en outre, tenté le sauvetage d'un autre ouvrier dont il n'a pu ramener que le cadavre.		1re	

(*) Cet état fait suite à celui qui a été publié dans le 2e volume de 1891, p. 635.

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or.	en argent.	MENTIONS honorables.
		23 mars 1892 (suite).			
		LOIRE (suite).	classes.		
Vey (Auguste), gouverneur à la concession houillère de Dourdel et Monsalson.	Mines de houille de Dourdel et Monsalson. (23 mai 1890.) (*suite.*)	Se sont également signalés dans la même circonstance par leur courageux dévouement.		2e	
Mey (Barthélemy), ouvrier piqueur à la même concession.					Mention honorable.
Valignat (Sylvain), ouvrier rouleur à la même concession.					Id.
Moron (Pierre), ouvrier rouleur à la même concession.					Id.
Rouby, gouverneur à la concession houillère de Firminy et Roche-la-Molière (déjà titulaire d'une mention honorable).	Mines de Firminy et Roche-la-Molière. (8 septembre 1890)	S'est dévoué de nouveau pour porter secours à un ouvrier grièvement brûlé par une explosion de grisou.		2e	
		17 juin 1892.			
		NORD.			
Perlot (Henri-Joseph), chef porion aux mines de Lourches.	Mines de Douchy. (5 janvier 1892.)	S'est exposé à de graves dangers pour porter secours à deux ouvriers ensevelis sous un éboulement. S'était déjà signalé dans une circonstance analogue.		2e	
		PAS-DE-CALAIS.			
Ledin (Henri), chef de coupe.	Mines de Lens. (15 novembre 1891.)	Ont courageusement exposé leur vie pour secourir plusieurs de leurs camarades, lors d'un accident survenu dans la concession houillère de Lens.		2e	
Coursigny (Eugène), ouvrier mineur à Lens.				2e	
Marez (Prosper), ouvrier mineur au même lieu.				2e	
Popinot (Jacob), ouvrier mineur au même lieu.				2e	

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or.	en argent.	MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations.
		14 juillet 1892.			
		GARD.	classes.		
PONTET, maître mineur aux mines de Créal.	Mines de Créal. (3 mars 1891.)	S'est exposé aux plus grands dangers en portant secours à deux mineurs surpris par un dégagement de grisou et ensevelis sous un éboulement.		1re	
VIGNE, charretier aux mêmes mines.		Belle conduite dans la même circonstance.			Lettre de félicitations.

BIBLIOGRAPHIE

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1892.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

APPELL. — Leçons sur l'attraction et la fonction potentielle, professées à la Sorbonne en 1890-1891 par M. *Appell*. Rédigées par M. *Charliat*, répétiteur à l'École centrale. In-8°, 63 p. av. fig. Paris, Carré. (12197)

AUTONNE (L.). — Sur la théorie des équations différentielles du premier ordre et du premier degré. In-8°, 124 p. Paris, G. Masson. 9 fr. (Extr. des *Annales de l'Université de Lyon*.) (9861)

BERTRAND (J.). — Traité d'arithmétique. 10e *édition*. In-8°, 344 p. Paris, Hachette et Ce. 4 fr. (11974)

DEMARTRES. — Cours d'analyse professé par M. Demartres à la Faculté des sciences de Lille (1890-1891) et rédigé par M. *E. Lemaire*. Deuxième partie : Propriété des fonctions analytiques. In-4°, 172 p. av. fig. Paris, Hermann. (9165)

ELIE (B.). — La Fonction vectorielle et ses applications à la physique (thèse). In-8°. 143 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (8637)

FONTENÉ (G.). — L'Hyperespace à $(n-1)$ dimensions, propriétés métriques de la corrélation générale. In-8°, XVIII-133 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 5 fr. (8220)

HOÜEL (J.). — Tables de logarithmes à cinq décimales pour les nombres et les lignes trigonométriques, suivies des logarithmes d'addition et de soustraction ou logarithmes de Gauss et de diverses tables usuelles. *Nouvelle édition*, revue et augmentée. In-8°, XLVIII-119 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 2 fr. (10008)

LAGRANGE. — Œuvres de Lagrange. Publiées par les soins de

M. J.-A. Serret (t. 1[er] à 10 et t. 13) et de M. Gaston Darboux, sous les auspices de M. le Ministre de l'instruction publique. T. 14 et dernier. In-4°, XII-349 p. av. fig. et pl. Paris, Gauthier-Villars et fils. 15 fr. (8249)

MAILLET. — Recherches sur les substitutions et en particulier sur les groupes transitifs (thèse). In-4°, 125 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (11506)

MOURET (G.). — Sadi Carnot et la science de l'énergie. In-8°, 28 p. Paris, Carré. (Extr. de la *Revue générale des sciences pures et appliquées.*) (9237)

PARAF (A.). — Sur le problème de Dirichlet et son extension au cas de l'équation linéaire générale du second ordre (thèse). In-4°, 80 p. av. fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (7483)

PAULY (J.). — La Chaleur considérée au point de vue de sa transformation en puissance dynamique. In-8°, 296 p. av. fig. Paris, Bernard et C[e]. (8761)

THÉON DE SMYRNE. — Exposition des connaissances mathématiques utiles pour la lecture de Platon; par Théon de Smyrne, philosophe platonicien. Traduite pour la première fois du grec en français par *J. Dupuis.* Epilogue. Le Nombre de Platon. (Mémoire définitif.) Texte grec, avec traduction en regard. In-8°, XXVII-405 p. Paris, Hachette et C[e]. (9539)

VANLEEM (H.). — Examen critique de la valeur officielle du rapport de la circonférence au diamètre; Indication de la valeur exacte probable de ce rapport. In-8°, 15 p. Paris, imp. de Soye et fils. (7704)

VESSIOT (E.). — Sur l'intégration des équations différentielles linéaires (thèse). In-4°, 93 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (7530)

VICAIRE (E.). — Mémoire sur les propriétés communes à toutes les courbes qui remplissent une certaine condition de minimun ou de maximum. In-4°, 24 p. Paris, Imp. nationale. (Extr. des *Mémoires présentés par divers savants de l'Académie des sciences.*) (11411)

2° *Physique et Chimie.*

ABRAHAM (H.). — Sur une nouvelle détermination du rapport γ entre les unités électro-magnétiques et électro-statiques (thèse). In-4°, 101 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (9842)

BECQUEREL (H.). — Principaux travaux des anciens professeurs de la chaire de physique au Muséum d'histoire naturelle,

leçon d'ouverture du cours de physique appliquée à l'histoire naturelle, au Muséum. In-8°, 23 p. Paris, 111, boulevard Saint-Germain. (Extr. de la *Revue scientifique.*) (7326)

BESSON (A.). — Etude de quelques produits nouveaux obtenus par substitution dans les composés haloïdes des métalloïdes; Etude de quelques combinaisons nouvelles du gaz ammoniac et de l'hydrogène phosphoré avec les composés des métalloïdes (thèse). In-4°, 75 p. Paris, Carré. (7928)

BICHAT (E.). — Sur une théorie de la polarisation rotatoire. In-8°, 9 p. av. fig. Paris, G. Carré. (Extr. de la *Revue générale des sciences pures et appliquées.*) (10647)

BLAKESLEY (T. H.). — Les Courants alternatifs d'électricité; par Th. Blakesley, professeur au Royal naval College de Greenwich. Traduit sur la 3e *édition* anglaise et augmenté d'un appendice par *W. C. Rechniewski*. In-18 jésus, 236 p. av. fig. Paris, Baudry et Ce. (9872)

CHARPY (C.). — Recherches sur les solutions salines (thèse). In-4°, 69 p. av. fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (7352)

CHASSEVANT (A.). — Sur quelques nouveaux chlorures doubles (thèse). In-4°, 45 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (9916)

Conférences faites à la Société chimique de Paris en 1889-1892; par MM. *E. Duclaux*, *Franchimont*, *Cazeneuve*, *Sarrau*, *Lebel*, *Guye*, *Le Chatelier*, *Noelting*, *Béchamp*. In-8°, 320 p. av. fig. Paris, 111, boulevard Saint-Germain. (8618)

Deuxième supplément au Dictionnaire de chimie pure et appliquée d'Ad. Wurtz, publié sous la direction de *Ch. Friedel*, professeur à la Faculté des sciences de Paris, avec la collaboration de MM. P. Adam, A. Béhal, G. de Bechi, A. Bigot, L. Bourgeois, L. Bouveault, E. Burcker, C. Chabrié, P. T. Cleve, Ch. Cloëz, A. Combes, C. Combes, A. Etard, Ad. Fauconnier, H. Gall, A. Gautier, H. Gautier, E. Grimaux, G. Griner, etc. Fascicules 2 à 12. In-8° à 2 col., p. 81 à 960, av. fig. Paris, Hachette et Ce. (6494)

Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. Fremy, de l'Institut. T. 4 : Analyse chimique. Résumé d'analyse minérale; par M. *R. Metzner*, préparateur de chimie minérale à la Faculté des sciences de Paris. In-8°, 608 p. av. fig. Paris, Ve Dunod. 25 fr. (8439)

ETARD (A.). — Notice sur la vie et les travaux d'Auguste-Thomas Cahours. In-8°, xxiv p. Paris, imp. P. Dupont. (Extr. des *Mém. de la Soc. chimique.*) (12264)

FABRY (C.). — Théorie de la visibilité et de l'orientation des

franges d'interférence (thèse). In-4°, 101 p. Marseille, imp. Barlatier et Barthelet. (6849)

Frébault (A.). — La Chimie contemporaine. Système atomique : théorie et notation, comparaison avec les équivalents. In-8°, vii-423 p. Paris, G. Masson. (9991)

Hoefer (F.). — Histoire de la physique et de la chimie depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours. *Nouvelle édition.* In-16, 565 p. av. fig. Paris, Hachette et Ce. 4 fr. (11047)

Jean (F.). — Chimie analytique des matières grasses. In-8°, 640 p. av. fig. Paris, Rousset et Ce. 20 fr. (8483)

Leconte de Roujou. — Déterminations magnétiques en Extrême-Orient. In-8°, 47 p. Paris, Imp. nationale. (Extr. des *Annales hydrographiques.*) (8260)

Le Dantec (L. M.). — Nouvelle analyse physique des vibrations lumineuses, basée sur la mécanique de l'élasticité et conduisant logiquement à l'explication de tous les phénomènes de l'optique. In-8°, 156 p. av. fig. Paris, Michelet. (6570)

Le Goarant de Tromelin. — Lois mécaniques de la circulation de l'atmosphère : Surfaces isodences ; Grains ; Circulations générales et secondaires. In-8°, 23 p. av. fig. Paris, 111, boulevard Saint-Germain. (Extr. de la *Revue scientifique.*) (7441)

Mayon. — Optique géométrique. Le Prisme. In-8°, 23 p. av. fig. Moulins, imp. Auclaire. (Extr. du *Journal de physique, chimie et hist. nat. élémentaires.*) (8722)

Millot (C.). — Observatoire météréologique de Nancy. Marche annuelle normale de la température de l'air à Nancy. In-8°, 12 p. et tableau graphique. Nancy, imp. Berger-Levrault et Ce. (Extr. du *Bull. de la Soc. des sciences de Nancy.*) (9450)

Œschsner de Coninck. — Cours de chimie organique. 1er fascicule. In-8°, 141 p. Paris, G. Masson. (6605)

—— Fascicule 2. In-8°, p. 135 à 324. Paris, G. Masson. (12700)

Pioger (J.). — Le monde physique. Essai de conception expérimentale. In-18 jésus, 174 p. Paris, F. Alcan. 2^f,50. (9249)

Poincaré (H.). — Cours de physique mathématique. Théorie mathématique de la lumière. II : Nouvelles études sur la diffraction ; Théorie de la dispersion de Helmholtz. Leçons professées pendant le 1er semestre 1891-1892 par M. Poincaré, membre de l'Institut. Rédigées par *M. Lamotte* et *D. Hurmuzescu,* licenciés ès sciences. In-8°, vi-310 p. av. fig. Paris, Carré. (12715)

Rocquigny-Adanson (de). — Cristaux de neige ; Étoiles de glace et de grésil. Observations faites au parc de Baleine. In-8°, 6 p.

et planche. Moulins, imp. Auclaire. (Extr. de la *Revue scient. du Bourbonnais et du centre de la France.*) (7062)

SCHWERER (A.). — Étude sur le magnétisme terrestre à Terre-Neuve. In-8°, 29 p. et planches. Paris, Imp. nationale. (Extr. des *Annales hydrographiques.*) (8318)

THOMPSON (A.). — Note sur l'action du borate de soude sur l'hydrate de chloral. In-8°, 3 p. Clermont (Oise), imp. Daix frères. (10607)

VAN'T HOFF (J.-H.). — Stéréochimie. *Nouvelle édition* de « Dix années dans l'histoire d'une théorie », par J.-H. Van't Hoff, rédigée par *W. Meyerhoffer.* In-8°, XI-164 p. Paris, G. Carré. (11760)

VÈZES (M.). — Recherches sur quelques combinaisons azotées du platine (thèse). In-8°, 68 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (11570)

VIBERT (P.). — L'Électricité à la portée des gens du monde. In-12, 264 p. Paris, Michelet. 3 fr. 50. (10128)

VLADESCO (D.). — Sur les composés diazoïques de la série grasse. In-8°, 63 p. Paris, Carré. (Extr. du *Bull. des sciences physiques.*) (6677)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

BERTRAND (C.-E.) et B. RENAULT. — *Pila Bibractensis* et le Boghead d'Autun. In-8°, 97 p. et 2 planches. Autun, imp. Dejussieu père et fils. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'hist. nat. d'Autun.*) (12481)

BORDAGE (E.). — La Période paléolithique dans le bassin de la Charente, mémoire présenté au congrès des sociétés savantes, à la Sorbonne, en 1891. In-8°, 14 p. La Rochelle, imp. Texier. (6733)

BOUCHER (G.). — Deux mots sur la craie de Châteaudun. In-8°, 7 p. et 5 planches. Châteaudun, Pouillier. (9886)

BOYER (G.) et A. GIRARDOT. — Étude sur le quaternaire dans le Jura bisontin. In-8°, 40 p. Besançon, imp. Dodivers et Cie. (Extr. des *Mém. de la Soc. d'émulation du Doubs.*) (6744)

Carte géologique de la France. Échelle de 1/80.000. Feuille 13 : Cambrai. — Feuille 32 : Beauvais. — Feuille 83 : Chaumont. — Feuille 114 : Montbéliard. — Feuille 145 : Montluçon. Gravées par Wuhrer, avec notices explicatives. Paris, imp. Lemercier. (1088)

—— Feuille 72 : Quimper. — Feuille 94 : Beaugency. — Feuille

176 : Monistrol. Gravées par Wuhrer, avec notices explicatives. Paris, imp. Erhard. (1147)

CHAUDEY (A.). — Notes géologiques sur le cantonnement forestier d'Héricourt. In-8°, 40 p. Belfort, imp. Pélot. (8181)

COULON (R.). — Synthèse du transformisme. Description élémentaire de l'évolution universelle. In-8°, XIV-215 p. Paris, Reinwald et Cie. 5 fr. (7360)

CRIÉ (L.). — Recherches sur les palmiers silicifiés des terrains crétacés de l'Anjou. In-8°, 9 p. et planche. Angers, Germain et Grassin. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'études scientifiques d'Angers.*) (8914)

DEPÉRET (C.). — La Faune des mammifères miocènes de la Grive-Saint-Alban (Isère) et de quelques autres localités du bassin du Rhône. Documents nouveaux et Revision générale. In-4°, 95 p. et 4 planches. Lyon, Georg. (Extr. des *Archives du muséum d'hist. nat. de Lyon.*) (10417)

DOLLO (L.). — Sur le *Lepidosteus Suessoniensis*. In-8°, 5 p. Paris, Carré; P, Klincksieck. (Extr. du *Bull. scient. de la France et de la Belgique.*) (12028)

FONTANNES (F.). — Études stratigraphiques et paléontologiques, pour servir à l'histoire de la période tertiaire dans le bassin du Rhône. Mémoire posthume rédigé et complété par le Dr *Ch. Depéret*. X : les Terrains tertiaires marins de la côte de Provence. Deuxième partie : Étage helvétien. La Couronne, Plan-d'Aren, Istres, Miramas. In-8°, 79 p. Paris, 7, rue des Grands-Augustins. (9378)

HALNA DU FRETAY. — Les Origines du monde. L'Homme avant notre ère. In-8°, 170 p. et portrait. Saint-Brieuc, Prud'homme. (12619)

HARDEL (C.). — Études archéologiques. L'Homme tertiaire et les Silex de Thenay (Loir-et-Cher). In-8°, 32 p. Blois, imp. Migault et Cie. (6895)

HOLLANDE (D.). — La Géologie du département de la Haute-Savoie au point de vue agricole, conférence faite au concours régional agricole d'Annecy. In-12, 43 p. Annecy, imp. Dépollier et Cie. (11048)

KILIAN (W.). — Études géologiques dans les Alpes occidentales. Notes sur l'histoire et la structure géologique des chaînes alpines de la Maurienne, du Briançonnais et des régions adjacentes. In-8°, 106 p. avec figures et planche en coul. Grenoble, imp. Allier père et fils. (Extr. des *Annales de l'enseignement sup. de Grenoble.*) (9701)

Lapparent (A. de). — La Géologie en chemin de fer. Description géologique du bassin parisien et des régions adjacentes. In-18 jésus, 612 p. avec une carte géologique du bassin de Paris, une carte hypsométrique et une feuille de coupes. Paris, Savy. 10 fr. (8992)

Pelseneer (P.). — La classification générale des mollusques. In-8°, 27 p. avec fig. Paris, Carré; P. Klincksieck. (Extr. du *Bull. scient. de la France et de la Belgique.*) (10297)

Priem (F.). — La Terre, les Mers et les Continents. Géographie physique, Géologie et Minéralogie. *Edition* illustrée. Séries 1 à 4. Grand in-8°, p. 1 à 128. Paris, J.-B. Baillière et fils. (L'ouvrage paraîtra en 22 séries à 0f,50). (12718)

Quatrefages (A. de). — Darwin et ses précurseurs français. Étude sur le transformisme. 2e *édition*, revue et augmentée. In-8°, 299 p. Paris, F. Alcan. 6 fr. (8122)

Rahon (J.). — Recherches sur les ossements humains anciens et préhistoriques, en vue de la reconstitution de la taille. Époques quaternaire, néolithique, protohistorique et moyen âge (thèse). In-4°, 60 p. Paris, imp. Hennuyer. (7678)

Révil (J.). — Histoire de la géologie des Alpes de Savoie (1779-1891), discours de réception à l'Académie de Savoie, prononcé le 31 mars 1892. In-8°, 129 p. Chambéry, Imp. savoisienne. (Extr. des *Mém. de l'Acad. de Savoie.*) (10093)

Roc-Noir (C.). — Dolomieu et les Dolomites. In-16, 17 p. Paris, imp. Schmidt. (8551)

Stefani (C. de). — Forsyth-Barbey, Samos. Étude géologique, paléontologique et botanique. In-4°, avec 14 pl. Paris. 25 fr.

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

Boulvin (J.). — Cours de mécanique appliquée aux machines, professé à l'École spéciale du génie civil de Gand. 2e fascicule : Moteurs animés; Récepteurs hydrauliques; Récepteurs pneumatiques. In-8°, 208 p. avec 140 fig. Paris, Bernard et Cie. (11805)

Donaudy (J.). — Note sur l'ascenseur télescopique, du système Samain, établi à l'hôtel de la Compagnie des docks et entrepôts de Marseille. In-8°, 16 p. avec fig. Marseille, imp. Barlatier et Barthelet. (Extr. de la *Soc. scientifique.*) (10888)

Dudebout. — Appareils d'essai à froid et à chaud des moteurs à vapeur; Appareils d'asservissement. In-16, 199 p. Paris, Gauthier-Villars et fils; G. Masson. 2f,50. (12251)

Exposition universelle internationale de 1889, à Paris. Rapports du jury international, publiés sous la direction de M. Alfred Picard, président de section au conseil d'État, rapporteur général. Groupe 6 : Outillage et procédés des industries mécaniques. (Sixième partie.) Classe 64. In-8°, 662 p. avec fig. et grav. Paris, Imprimerie nationale. (Ministère du commerce, de l'industrie et des colonies.) (10211)

HATON DE LA GOUPILLIÈRE. — Cours de machines. 3 vol. in-8° avec fig. T. 1er, 2e fascicule : Thermodynamique, p. 383 à 901 ; t. 2, 1er fascicule : Machines à vapeur, XII-524 p. ; t. 2, 2e fascicule : Chaudières à vapeur, p. 525 à 909. Paris, Ve Dunod. (8469)

HENRIVAUX (J.). — La Résistance du verre ; 2e *tirage*. In-8°, 23 p. avec fig. Paris, 4, rue Antoine-Dubois. (9399)

Instructions sur les moteurs industriels, leur mise en marche et leur arrêt. 2e *édition*. In-8°, 51 p. avec fig. Paris, 6, rue de la Chaussée-d'Antin. (Association des industriels de France contre les accidents du travail.) (11051)

KOECHLIN (M.). — Applications de la statique graphique. In-8°, 520 p. avec 273 fig. dans le texte et un atlas de même format de 30 planches doubles. Paris, Baudry et Ce. 30 fr. (8685)

Machine à vapeur et Compresseur d'air (système Dujardin et Ce). In-4° à 3 col., 3 p. avec fig. et planche. Angers, imp. Burdin et Ce. (Extr. de la *Revue industrielle*.) (6968)

MADAMET (A.). — Détente variable de la vapeur. Dispositifs qui la produisent. In-16, 180 p. avec figures. Paris, Gauthier-Villars et fils ; G. Masson. 2f,50. (10272)

MARTINENQ (B.). — Traité général des propulseurs employés dans la navigation à vapeur. In-4°, 212 pages et album in-4° de 34 planches. Paris, Bernard et Ce. (11699)

PICARD (A.). — Exposition universelle internationale de 1889, à Paris. Rapport général ; par M. *Alfred Picard*, inspecteur général des ponts et chaussées, président de section au conseil d'État. T. 7 : l'Outillage et les procédés des industries mécaniques. L'Électricité (suite). (Groupe 6 de l'Exposition universelle de 1889.) In-8°, 567 p. Paris, Imprimerie nationale. (Ministère du commerce, de l'industrie et des colonies.) (8115)

PIERRON (G.). — Le Transport de la force par l'électricité : quelques-unes de ses applications, conférence faite à la Société industrielle de Mulhouse, le 25 novembre 1891. In-8°, 42 p. avec fig. et planche. Paris, imp. Mangeot. (7664)

SAUVAGE (E.). — Les Divers Types de moteurs à vapeur. In-16, 192 p. Paris, Gauthier-Villars et fils ; G. Masson. 2f,50. (10582)

Serment (F.). — La Boucle de vapeur (*steam loop*). In-8°, 9 p. avec figures. Marseille, imp. Barlatier et Barthelet. (Extr. du *Bul. de la Soc. scient. et industrielle de Marseille.*) (9268)

Tincq (A. J.). — Étude sur les eaux destinées à l'alimentation des chaudières à vapeur. 3ᵉ *édition*. In-8°, 8 p. Besançon, imp. Millot frères et Cᵉ. (10609)

Vigreux (L.). — Théorie et Pratique de l'art de l'ingénieur, du constructeur de machines et de l'entrepreneur de travaux publics. Livraisons 55-56 : Etude et Tracé des principaux appareils de distribution et de détente des machines à vapeur. In-8°, 136 p. et atlas in-4°, pl. 40 à 51. Paris, Bernard et Cⁱᵉ. 8 fr. (11921)

Witz (A.). — Thermodynamique à l'usage des ingénieurs. In-16, 216 p. Paris, Gauthier-Villars et fils; G. Masson. (9839)

—— Étude sur les explosions de chaudières à vapeur. In-8°, 34 p. Lille, imp. Danel. (Société industrielle du nord de la France.) (10627)

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

Barruet (E.). — Le Photogène breveté s. g. d. g., nouvelle pile au sulfate de cuivre, générateur économique et pratique à grand débit. In-8°, 15 p. et planche. Paris, 10, rue Frossard. (10176)

Brandt (C.). — La Photographie des couleurs. État actuel de la question, suivi des procédés de reproductions photographiques en couleurs (Historique de la question; Travaux de Becquerel; Niepce de Saint-Victor; Poitevin; M. de Saint-Florent: Théorie interférentielle de M. Lippmann; Résultats obtenus; Exposé sommaire d'héliochromie et de photochromie; Projections polychromes de M. Vidal). In-18 jésus, 68 p. Paris, Mendel. (11603)

Buse (J.). — Les effets du courant électrique sur le tannage des peaux. In-4° à 2 col., 8 p. Paris, imp. Levé. (Extr. de *Science et commerce.*) (9147)

Cadiat (E.) et L. Dubost. — Traité pratique d'électricité industrielle : unités et mesures, piles et machines électriques, éclairage électrique, transmission électrique de la force, galvanoplastie et électro-métallurgie, téléphone. 4ᵉ *édition*, avec 257 fig. dans le texte. In-8°, II-671 p. Paris, Baudry et Cᵉ. 16ᶠ,50. (7341)

Coëtlogon (G. de). — Le Tannage électrique. Étude comparative

des différents procédés; Nouveau Système E. Finot. In-8°, 24 p. avec fig. Paris, Michelet. (9340)

Dieudonné (E.). — Les stations centrales d'éclairage électrique de la principauté de Monaco, installées par MM. Schneider et Cie, au Creusot. In-8°, 15 p. avec figures. Tours, Paris, Carré. (Extr. de l'*Électricien.*) (7999)

Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. Fremy, de l'Institut. T. 10 : Applications de chimie organique (la Conservation des substances alimentaires); par M. *Urbain*, répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures. In-8°, 100 p. avec fig. Paris, Ve Dunod. 3f,75. (7378)

Engel (R.). — Nouveaux éléments de chimie médicale et de chimie biologique, avec les applications à l'hygiène, à la médecine légale et à la pharmacie. 4e *édition*, revue et corrigée. Deuxième partie. In-8°, p. 321 à 694, av. fig. 37 à 108. Paris, J.-B. Baillière et fils. (L'ouvrage complet, 9 fr.) (9183)

Engelard. — L'Eclairage électrique. Manuel pratique des ouvriers électriciens et des amateurs pour le choix des appareils, le montage, la conduite et l'entretien des installations. In-18 jésus, 204 p. av. grav. Paris, Marie. 2 fr. (12580)

Féron (A.). — De l'éclairage au gaz. In-8°, 8 p. Lille, 17, rue Faidherbe. (6853)

Hermant (E.). — Cours de physique industrielle à l'Institut industriel du Nord (2e année d'études, 1890-1891). In-4°, vi p., plus 46 planches. Lille, imp. Danel. (6545)

Juppont (P.) et G. Fournier. — L'Eclairage électrique dans les appartements. 4e *édition*. In-16, 63 p. av. 18 fig. Paris, Tignol. (8979)

Knab (L.). — Traité des alliages et des dépôts métalliques. In-8°, 838 p. av. 187 fig. Paris, Steinheil. 20 fr. (10018)

Lagrange (P.). — Epuration des eaux résiduaires des fabriques de sucre et distilleries, suivi du rapport de M. le docteur Petermann au ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics en Belgique, et de la réponse de M. Lagrange à M. le docteur Petermann. 2e *édition*. In-8, 31 p. Compiègne, imp. Lefebvre. (Extr. du *Bull. de l'Assoc. des chimistes de sucrerie et de distillerie.*) (6561)

Lanquest (G.). — Traité pratique et élémentaire d'électricité. Sonneries d'alarme et avertisseurs, pose et entretien, av. planches explicatives. In-8°, 36 p. Paris, 1, rue Gay-Lussac. 1 fr. (8257)

—— Tableaux indicateurs et signaux divers, pose et entretien,

av. planches explicatives. In-8°, 42 p. Paris, 1, rue Gay-Lussac. 1 fr. (8258)

LEFÈVRE (J.). — Le Chauffage et les Applications de la chaleur dans l'industrie et l'économie domestique. In-18 jésus, 360 p. av. 188 fig. Paris, J.-B. Baillière et fils. (12306)

LORRAIN (J.-V.). — Le Nitrate de soude (sa composition chimique, son origine, sa fabrication, ses falsifications, analyse qualitative et quantitative). In-32, 12 p. Provins, l'auteur. 0f,15. (9006)

MONTILLOT (L.). — Téléphonie pratique. In-8°, VII-503 p. av. 414 fig. et 4 pl. Paris, Grelot. 20 fr. (11230)

MUNIER (J.). — Le Télégraphe imprimeur multiple (Hughes multiple). In-8°, 78 p. av. fig. Paris, Carré. (6958)

PICOU (R.-V.). — La Distribution de l'électricité. Usines centrales. In-16, 164 p. av. fig. Paris, Gauthier-Villars et fils ; G. Masson. 2f,50. (7492)

SARRAU (E.). — Introduction à la théorie des explosifs. In-8°, 119 p. av. fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 2f,75. (12151)

SCHLŒSING fils (T.). — Notions de chimie agricole. In-16, 208 p. Paris, Gauthier-Villars et fils ; G. Masson. 2f,50. (10584)

STAPFER (D.). — Lampes à incandescence par le gaz (système Auer). In-8°, 12 p. et pl. Marseille, imp. Barlatier et Barthelet. (Extr. du *Bull. de la Société scient. et industrielle de Marseille.*) (9080)

TISSOT (L.). — Note sur le compteur électrolytique Desruelles et Chauvin. In-8°, 6 p. av. fig. Marseille, imp. Barlatier et Barthelet. (Extr. du même recueil). (9085)

UZÉ (C.). — Description d'une machine électrique à dénombrer. In-8°, 19 p. Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie. (Extr. de la *Revue générale d'administration.*) (8827)

WAGNER, FISCHER et L. GAUTIER. — Traité de chimie industrielle, à l'usage des chimistes, des ingénieurs, des industriels, des fabricants de produits chimiques, des agriculteurs, des écoles d'arts et de manufactures et d'arts et métiers, etc. 3e *édition* française, entièrement refondue, publiée d'après la 13e édition allemande. 2 vol. in-8°. T. 1er, VII-829 p. av. 318 grav. dans le texte ; t. 2, 928 p. av. 418 grav. dans le texte. Paris, Savy. (Les 2 vol., 30 fr.). (11122)

WEILLER (L.) et H. VIVAREZ. — Traité général des lignes et transmissions électriques. In-8°, VII-829 p. av. 473 fig. dans le texte. Paris, G. Masson. 18 fr. (7714)

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

Badoureau (A.) et P. Grangier. — Les Mines, les Minières et les Carrières. In-8°, 331 p. av. fig. Paris, May et Motteroz. 5 fr. (10976)

Bel (J.-M.). — Les Mines d'or du Transvaal. In-8°, 14 p. Paris, Chaix. (Extr. de l'*Economiste français.*) (11426)

Le Chatelier (H.). — Le Grisou. In-16, 188 p. av. fig. Paris, Gauthier-Villars et fils; G. Masson. 2f,50. (10236)

Pelatan (N.). — Les Mines de la Nouvelle-Calédonie. Esquisse géologique de la colonie; Mines de charbon. In-8°, 84 p. et carte en coul. Paris, 6, rue de la Chaussée-d'Antin. (Extr. du journal le *Génie civil.*) (12129)

Vattier (C.). — Le Chili minier, métallurgique, industriel. In-8°, 108 p. av. 12 pl. et une carte. Paris, 10, cité Rougemont. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils de France*). (12419)

7° *Construction. — Chemins de fer.*

Carte du réseau des chemins de fer de la Compagnie d'Orléans. Echelle de 1/1.390.000. Gravée par Perrin. Paris, imp. Perrin. (925)

Claudel (J.) et L.-A. Barré. — Formules, Tables et Renseignements usuels. Aide-mémoire des ingénieurs, des architectes, etc. Partie pratique; par *J. Claudel*, ingénieur civil. 10e *édition*, entièrement refondue, par *L.-A. Barré*, ingénieur civil. 2 vol. In-8°. T. 1er, XXIII-1008 p. av. 172 fig.; t. 2, p. XX-1009 à 2157, av. 190 fig. et 3 pl. Paris, Ve Dunod. 30 fr. (7968)

Colleret-Rosensteel (A.). — Protection électro-automatique des gares et des trains en marche, procédé Ag. Colleret-Rosensteel. In-8°, 2 p. et pl. Marseille, imp. Barlatier et Barthelet. (Extr. du *Bull. de la Soc. scientifique.*) (12536)

Decauville (P.). — Réponse à la communication de M. Lagrange de Langres, chef du cabinet civil du ministre de la guerre, conseiller général, au conseil général du Calvados, à la session d'avril 1892, sur les inconvénients des chemins de fer à voie de 0m,60. In-8°, 36 p. Paris, 13, boul. Malesherbes. (11320)

Duthil (A.-H.). — Avant-projet du chemin de fer à navires entre l'Océan et la Méditerranée par Richards-Bordeaux-Narbonne-Gruissan. Etudes de M. *A.-H. Duthil*, d'après le système Amédée Sébillot pour le transport des navires. In-4°, 25 p. Paris, imp. Alcan-Lévy. 2f,50. (7201)

Guide des candidats aux emplois de commissaire de police ou d'inspecteur général de la police des chemins de fer, conforme aux dernières instructions ministérielles. 3e *édition*. In-32, 16 p. Paris et Limoges, Charles-Lavauzelle. 0f,50. (10712)

LAPLAICHE (A.). — Manuel du candidat à l'emploi de commissaire de surveillance administrative des chemins de fer. 5e *édition*, revue et considérablement augmentée. Ouvrage rédigé conformément aux programmes officiels. Première partie : Etude des matières du programme, av. 100 fig. dans le texte. In-16, XXXII-839 p. Nancy et Paris, Berger-Levrault et Cie. (8058)

—— Manuel du candidat à l'emploi d'inspecteur particulier de l'exploitation commerciale des chemins de fer. 3e *édition*, revue et considérablement augmentée. Ouvrage rédigé conformément aux programmes officiels. Etude des matières du programme, av. 100 fig. dans le texte. In-16, XXXI-1043 p. Nancy et Paris, Berger-Levrault et Cie. (8059)

LIMOUSIN (C.-M.). — Contradiction à M. Camille Pelletan. Examen du rapport de M. C. Pelletan, député, sur les tarifs de chemin de fer d'intérêt général. In-8°, 44 p. Paris, Guillaumin et Cie. 0f,50. (8078)

LUCCHETTI. — Etude sur les chemins de fer secondaires à Porto-Rico. In-8°, 56 p. et carte en coul. Paris, Chaix. (10037)

MARCELET (E.). — Notice sur les appareils pour manœuvrer à distance des aiguilles et des signaux fixes par fils, système E. Marcelet, chef de section à la compagnie P.-L.-M. In-4°, 16 p. Paris, Ve Dunod. (11882)

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1888. Documents divers. Deuxième partie : France (intérêt local), Algérie et Tunisie. In-4°, VIII-214 p. Paris, Imp. nationale. 5 fr. (Ministère des travaux publics.) (7285)

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1889. Documents divers. Première partie : France (intérêt général). In-4°, VI-238 p. Paris, Imp. nationale. (Ministère des travaux publics.) (11120)

THIÉRY (E.). — Etude sur les petits chemins de fer forestiers. In-8°, 128 p. av. fig. et pl. Nancy, imp. Berger-Levrault et Cie, (Extr. du *Bull. de la Soc. industrielle de l'Est.*) (9083)

VAUTIER (A.). — Etude des chemins de fer funiculaires. In-8°, 77 p. av. fig. Paris, Baudry et Cie. (Extr. des *Nouvelles Annales de la construction*). (6670)

VILLAIN (P.). — Projet P. Villain. Un Métropolitain qui ne coûte rien et ne trouble rien, conférence faite le 20 mai 1892, à la

Société des ingénieurs civils. In-8°, 53 p. av. fig., carte et plan. Paris, Grande Imp. (7296)

WICKERSHEIMER (E.). — Etude sur le rachat des chemins de fer d'Orléans, de l'Ouest, de l'Est et du Midi. Construction de 20.000 kilomètres de chemins de fer économiques. Préface de M. *Camille Pelletan*. In-8°, XIII-215 p. Paris, Chaix. (7301)

8° *Législation. — Économie politique et sociale.*

BELLOM (M.). — Les Lois d'assurance ouvrière à l'étranger. I : Assurance contre la maladie. In-8°, II-670 p. Rousseau. 10 fr. (9867)

CACHEUX (E). — État des habitations ouvrières à la fin du XIX[e] siècle, étude suivie du compte rendu des documents relatifs aux petits logements qui ont figuré à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 184 p. et pl. Paris, Baudry et C[ie]. 4 fr. (9900)

CHEVALIER (E.). — Exposition universelle internationale de 1889, à Paris. Rapports du jury international, publiés sous la direction de M. Alfred Picard, inspecteur général des ponts et chaussées, rapporteur général. Economie sociale. Section 15 : Grande et Petite industrie ; Grande et Petite culture. Rapport de M. *Emile Chevalier*. In-8°, 33 p. Paris, Imp. nationale. (Ministère du commerce, de l'industrie et des colonies.) (8397)

CHEYSSON (E.). — Exposition universelle internationale de 1889, à Paris. Rapports du jury international, publiés sous la direction de M. Alfred Picard, inspecteur général des ponts et chaussées, rapporteur général. Economie sociale. Section 14. (Institutions patronales.) Rapport de M. *E. Cheysson*, ancien directeur du Creusot. In-8°, VIII-166 p. Paris, Imp. nationale. (Ministère du commerce, de l'industrie et des colonies.) (8609)

GIBON (A.). — La Paix des ateliers. Institutions de nature à faciliter la conciliation et l'arbitrage entre patrons et ouvriers. In-8°, 51 p. Paris, Leroux. (Extr. du *Bull. du comité des travaux historiques et scientifiques*.) (8661)

—— Les Lois d'assurances obligatoires en Allemagne et le socialisme d'Etat. In-18, 24 p. Besançon, imp. Jacquin. (9667)

LE COUR. — Discussion du projet et des propositions de loi relatifs à l'arbitrage entre patrons et ouvriers. Discours prononcé à la séance de la Chambre des députés du 21 octobre 1892. In-8°, 43 p. Paris, imp. des journaux officiels. (Extr. du *Journal officiel*.) (11872)

Loi sur le travail des enfants, des filles mineures et des femmes

dans les établissements industriels, du 2 novembre 1892. In-8°, 16 p. Sceaux, Muzard. (12317)

MABILLE DU CHÊNE (G.). — Les Invalides du travail et les Ouvriers valides sans ouvrage. Critique de la proposition de loi Maurice Faure contre la mendicité et le vagabondage. In-8°, 48 p. Saumur, imp. Godet. (Extr. de la *Réforme sociale*.) (6967)

Office du travail. Notices et Comptes rendus. Fascicule 1er : Étude statistique des accidents du travail, d'après les rapports officiels sur l'assurance obligatoire en Allemagne et en Autriche. In-8°, 124 p. Paris, Imp. nationale. (Ministère du commerce et de l'industrie.) (10772)

Prévoyance (la) et l'Assurance contre les accidents du travail en Italie. Projets présentés et discutés devant le Sénat en février et mars 1892. Analyse et traduction par *E. Gruner*, ingénieur civil des mines. In-8°, 31 p. Paris, 20, rue Louis-le-Grand. (Extr. des *Bull. du comité permanent du congrès des accidents du travail et des assurances sociales*.) (8543)

VACHER. — Les Lois d'assurance ouvrière. Les Accidents du travail. In-8°, 16 p. Nancy, imp. Berger-Levrault et Cie. (Extr. du *Journal de la Soc. de statistique de Paris*.) (7109)

9° *Objets divers.*

Album de statistique graphique de 1892. Paris, Imp. nationale. (Ministère des travaux publics.) (1441)

BADOUREAU (A.). — Les Sciences expérimentales. *Nouvelle édition*, entièrement refondue. In-8°, 271 p. av. fig. Paris, May et Motteroz. 5 fr. (10975)

Carnet de l'ingénieur. Recueil de tables, de formules et de renseignements usuels et pratiques sur les sciences appliquées à l'industrie (chimie, physique, mécanique, machines à vapeur, hydraulique, résistance des matériaux, gaz, électricité), à l'usage des ingénieurs-constructeurs, des architectes, des chefs d'usines, des mécaniciens, des électriciens, des directeurs et conducteurs de travaux, des agents voyers, des manufacturiers et des industriels. Carnet Lacroix. 49e *édition*. Année 1892. In-16, 429 p. Paris, Bernard Tignol. (7749)

CHESNEAU (G.). — Rapport sur l'industrie des huiles de schiste en France et en Angleterre. In-4°, 40 p. Paris, Imp. nationale. (11443)

—— Rapport sur l'industrie et le commerce des huiles minérales en Allemagne et en Belgique. In-4°, 35 p. Paris, Imp. nationale. (11444)

Le Chatelier. — Quatrième congrès international de navigation intérieure, tenu à Manchester en 1890. Travaux d'alimentation en eau de la ville de Manchester. Notice par M. *Le Chatelier*, ingénieur des ponts et chaussées. In-8°, 17 p. av. fig. et 4 pl. en noir ou en coul. Paris, Imp. nationale. (Ministère des travaux publics.) (7228)

Manès (G.). — Distribution d'eau : le contrôle de la consommation, prévention du gaspillage. In-8°, 69 p. et pl. Paris, 112, rue Saint-Dominique. (Extr. du *Génie sanitaire.*) (9010)

Mazzocchi (L.). — Mémorial technique universel. Recueil de tables et de formules à l'usage des ingénieurs, architectes, mécaniciens, industriels, entrepreneurs, conducteurs de travaux, agents voyers, arpenteurs, etc. Avec la collaboration d'autres ingénieurs. In-32, 424 p. av. 200 fig. et un petit dictionnaire technologique français-italien-allemand-anglais. Paris, Le Soudier. 6f,50. (9023)

Proust (A.), A.-J. Martin, H. Napias et Jéramec. — Exposition universelle internationale de 1889, à Paris. Rapports du jury international, publiés sous la direction de M. Alfred Picard, président de section au Conseil d'Etat, rapporteur général. Classe 64 : Hygiène, Assistance publique et Eaux minérales. Rapports de MM. *A. Proust*, *A.-J. Martin*, *H. Napias* et *Jéramec.* In-8°, 660 p. av. fig. et pl. Paris, Imp. nationale. (Ministère du commerce, de l'industrie et des colonies.) (10936)

Riche et Roume. — Rapport sur la production, l'industrie et le commerce des huiles minérales aux Etats-Unis d'Amérique. In-4°, 107 p. Paris, Imp. nationale. (11554)

Souvenir d'une victoire métallurgique. Comment ont été établis les tarifs douaniers des mines et de la métallurgie française. In-8°, 96 p. av. portrait. Neuilly-Paris, 2 *bis*, cité Pérard. (8146)

OUVRAGES ANGLAIS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

Burnside (W.-S.) and Panton (A.-W.) — The Theory of Equations. 3rd ed. In-8°, 500 p. Dublin, Hodges; Longmans. 18f,75.

ELLIOT (J.). — Tables of Logarithms. 7th ed. In-8°. Stewart. 1f,25.

GREENHILL (A.-G.). — The Applications of Elliptic Functions. In-8°, 350 p. Macmillan. 12f,50.

HAYWARD (R.-B.) — The Algebra of Coplanar Vectors and Trigonometry. In-8°, 376 p. Macmillan. 10f,65.

HOBSON (E.-W.)., and C. W. — An elementary Treatise on plane Trigonometry. In-12, 300 p. 6f,75.

HOROBIN (J.-C.). — Theoretical Mechanics. Division 1. In-8°, 154 p., av. fig. Bell and Sons. 4f,40.

LONEY (S.-L.). — Solutions of the Examples in a Treatise on elementary Dynamics. In-8°, 194 p. 11f,25.

MATHEWS (G.-B.). — Theory of Numbers. Part 1. In-8°. Cambridge, Deigthon; Bell. 15 fr. 15.

MINCHIN (G.-M.). — Hydrostatics and Elementary Hydrokinetics. In-8°, 420 p. Clarendon Press. 13 fr.

SELBY (A.-L.). — Elementary Mechanics of Solids and Fluids. In-8°, 290 p. Clarendon Press. 9f,40.

2° *Physique et Chimie.*

ANGELL (J.). — Elements of Magnetism and Electricity. With Practical Instructions for the Performance of Experiments, and the Construction of Cheap Apparatus. In-8°, 264 p. W. Collins, Sons and Co. 2f,50.

BARRETT (W.-F.) and BROWN (W.). — Practical Physics : An Introductory Handbook for the physical Laboratory. Part 1 : Physical Process and Measurements; the Properties of Matter. In-8°, 270 p. Percival. 5f,65.

BONNEY (G.-E.). — Induction Coils : A Practical Manual for Amateur Coil-Makers. In-8°, 238 p., av. fig. Whittaker and Co. 3f,75.

CHEEVER (B.-W.). — Select Methods in quantitative Analysis. Ann Arbor. In-8°. 15f,65.

COX. — Standard Course of Elementary Chemistry. In-4°. Arnold. Parts 1 to 4; chaque partie 0f,75. Part. 5; 1f,25.

FLEMING (J.-A.). — The Alternate Current Transformer in Theory and Practice. Vol. 2. The Utilisation of Induced Currents. In-8°, 612 p. *Electrician Office*. 15f,65.

FLETCHER (L.). — The optical Indicatrix, or the Transmission of Light in Cristals. In-8°. 11f,25.

HEAVISIDE (O.). — Electrical Papers. 2 vol. In-8°, 1094 p. Macmillan. 37f,50.

JONES (D.-E.). — Lessons on Heat and Light. In-8°, 318 p., av. fig. 4f,40.

LILLEY (H.-T.). — A lecture Course in Elementary Chemistry. In-8°, 145 p. Simpkin. 3f,75.

LODGE (O.-J.). — Modern Views of Electricity. In-8°, 480 p., av. fig. Macmillan. 8f,15.

LUFF (A.-P.). — Manual of Chemistry, Inorganic and Organic. With an Introduction to the Study of Chemistry. In-12, 536 p., 36 fig. Cassell. 9f,40.

NEWTH (G.-S.). — Chemical Lecture Experiments : Non Metallic Elements. In-8°, 326 p. Longmans. 13f,15.

NIETZKI (R.). — Chemistry of the Organic Dye-stuffs, Trans., with Additions, by *A. Collin* and *W. Richardson*. In-8°, 314 p. Gurney and Jackson. 18f,75.

ORME (T.). — Matriculation Chemistry : Chemistry of the Non-Metallic Elements and their Compounds. In-8°, 250 p. Lawrence and Bullen. 3f,15.

POYSER (A.-W.). — Magnetism and Electricity : A Manual for Students in Advanced Classes. In-8°, 372 p. Longmans. 5f,65.

REMSEN (I.). — The principles of Theoretical Chemistry. 4th ed., thoroughly Revised. In-8°, 320 p. Baillière, Tindall and Cox. 9f,40.

SPRAGUE (J.-T.). — Electricy : Its Theory, Sources and Applications. 3rd ed., Thoroughly Revised and Extended. In-8°, 658 p. Spons. 18f,75.

STEWART (R.-W.). An Elementary Text-Book of Magnetism and Electricity. In-8°, 276 p., av. 150 fig. Clive. 4f,40.

—— A Text-Book of Magnetism and Electricity. In-8°, 312 p., av. 160 fig. Clive. 6f,90.

TAYLOR (R.-L.). — Practical Chemistry. New ed., Revised. In-12, 14 p. Simpkin. 0f,65.

—— The Student's Chemistry : Being Outlines of Inorganic Chemistry and Chemical Philosophy. In-8°, 344 p. Low. 6f,25.

WILLIAMS (W.-M.). — The Framework of Chemistry. Part 1 : Typical Facts and Elementary Theory. In-8°. Bell and Sons. 0f,95.

WRIGHT. (L.). — Light : A Course of Experimental Optics, chiefly with the Lantern. 2nd ed., Revised and Enlarged. In-8°, 394 p. Macmillan. 9f,40.

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Browne (A.-J.-Jukes). — The Student's Handbook of Physical Geology. 2nd. ed. rev. In-12, 650 p., av. fig. Bell and Sons. 9f,40.

Hatch (F.-H.). — Text-Book of Petrology : Containing a Description of the Rock-Forming Minerals, and a Synopsis of the Chief Types of Igneous Rocks. In-8°, 220 p., av. 86 fig. Swan Sonnenschein. 9f,40.

Hull (E.). — Volcanoes : Past and Present. In-8°, 270 p., av. 41 fig. et 4 pl. de sections de roches. W. Scott. 4f,40.

Hutchinson (H.-N.). — Extinct Monsters : A Popular Account of some of the Larger the Forms of Ancient Animal Life. In-8°, 234 p., av. fig. Chapman and Hall. 15 fr.

Jukes (J.-B.). — The School Manual of Geology. 6th ed. With Appendix, edit. by *A. J. Jukes-Browne*. In-12, 126 p. A. and C. Black. 4f,40.

Macfie (R.-C.). — Granite Dust. In-12. Paul, Trübner and Co. 3f,15.

Miller (H.). — Landscape Geology. In-8°. Blackwood and Sons. 1f,25.

Palæontographical Society for 1892. Vol. 46, Containing the Stromatoporoids, Part 4, by Prof. *Nicholson*; The Palæozoic Phyllopoda, Part 2, by Prof. *R. Jones* and Dr. *H. Woodward*; The Jurassic Gasteropoda, Part 1, No. 6, by *W. Hudleston*; The Inferior Oolite Ammonites, Part 7, by *S. Buckman*; The Devonian Fauna, Vol. 2, by Rev. *G. Whidborne*. In-4°. Rev. T. Wiltshire.

Roberts (T.). — The Jurassic Rocks of the Neighbourhood of Cambridge. In-8°. Cambridge University Press. 4f,40.

Romanes (G.-J.). — Darwin and after Darwin. Vol 1. In-8°, 430 p. 15f,65.

Seward (A.-C.).) — Fossil Plants as Tests of Climate. In-8°. Cambridge Warehouse. 6f,25.

Wilson (J.-S.). — Geological Mechanism ; or, An Epitome of the History of the Earth. In-8°, 132 p. J. Heywood. 2f,50.

Wright (G.-F.). — Man and the Glacial Period. With an Appendix on Tertiary Man, by Prof. *H. W. Haynes*. In-8°, 396 p., av. 111 fig. et cartes. Kegan Paul, Trübner and Co. 6f,85.

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

Alexander (P.). — Treatise on Thermodynamics. In-8°. 7f,50.

Bale (M.-P.). — Pumps and Pumping : A Handbook for Pump

Users. 2nd ed., Revised. In-8°, 122 p. Crosby Lockwood and Son. 3f,15.

Burn (R.-S.). — Mechanics and Mechanism. 7th ed., Revised and Enlarged. In-8°, 150 p. Ward, Lock, Bowden and Co. 3f,15.

Cotterill (J.-H.). — Applied Mechanics : An Elementary Introduction to the Theory of Structures and Machines. 3rd ed., Revised. In-8°, 600 p. Macmillan. 22f,50.

Frith (H.). — The Triumphs of Steam. A New ed. Revised and Partly Re-written. In-8°, xii-263 p., av. fig. Griffith, Farran and Co. 4f,40.

Hoskins (L.-M.). — The Elements of Graphic Statics : A Text-book for Students of Engineering. In-8°, 186 p. Macmillan. 12f,50.

Jamieson (A.). — A Text-Book on Steam and Steam Engines. 7th ed. In-8°, 434 p. Griffin. 10f,65.

—— Applied Mechanics (An Elementary Manual on.) In-8°, 266 p. Griffin. 4f,40.

Le Van (W.-B.). — Safety Valves : Their History, Antecedents, etc. In-8°. Spons. 8f,15.

Lockwood's Dictionary of Terms Used in the Practice of Mechanical Engineering. Edited by a Foreman Pattern Maker. 2nd ed., Revised, with Additions. In-8°, 436 p. Crosby Lockwood and Son. 9f,40.

Park (B.). — Modern Mechanism : Exhibiting the Latest Progress in Machines, Motors and the Transmission of Power. Illust. In-8°, 920 p. Macmillan. 37f,50.

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

Allsop (F.-C.). — Practical Electric Light Fitting : A Treatise on the Wiring and Fitting-up of Buildings deriving Current from Central Station Mains and the Laying Down of Private Installations, including the Latest Edition of the Phœnix Fire Office Rules, by Special Permission of Mr. *Musgrave Heapy*, of the Phœnix Fire Office. In-8°, 290 p. Whittaker. 6f,25.

Bax (E.). — Popular Electric Lighting : Being Practical Hints to present and intending Users of Electric Energy for Illuminating Purposes. With a Chapter on Electric Motors and on Heating and Cooking by Electricity. 2nd ed. Illust. In-8°, viii-159 p. Biggs and Co. 2f,50.

Bottone (S.-R.). — How to Manage the Dynamo : A Handbook for Ship Engineers, Electric Light Engineers, and Electro-Platers. In-12, 48 p. Whittaker. 1f,25.

Gore (G.). — Theory and Practice of Electro-Deposition. Illust. In-8°. Biggs and Debenham. 1f,90.

Halliday (G.). — Notes on Design of Small Dynamo. In-8°, 78 p. Spons. 3f,15.

Hering (C.). — Practical Directions for Winding Magnets for Dynamos. In-8°, 64 p. Spons. 4f,40.

Iron and Steel Maker : Being Detailed Descriptions of the Various Processes for the Conversion of the Ores of Iron into Pig Iron or Cast Iron, Wrought or Malleable Iron, and the Different Qualities of Steel. With Drawings and Descriptions of the Various Furnaces, Appliances, and Machines, by various Practical Writers. Edit. by *F. Joynson*. In-8°, 454 p., 32 fig., 5 pl. Ward, Lock, Bowden and Co. 6f, 25.

Kempe (H.-R.). — A Handbook of Electrical Testing. 5th ed. (Adopted by the Postal Telegraph Department.) In 8°, 584 p. Spons. 22f,50.

—— The Electrical Engineer's Pocket-Book of Modern Rules, Formulæ, Tables and Data 2nd ed., thoroughly Revised with Additions. Obl., 302 p. Crosby Lockwood and Son. 6f,25.

Lodge (O.-J.). — Lightning Conductors and Lightning Guards : A Treatise on the Protection of Buildings, of Telegraph Instruments and Submarine Cables, and of Electric Installations Generally, from Damage by Atmospheric Discharges. Illust. In-8°, xii-544 p. Whittaker and Co. 18f,75.

Maycock (W.-P.). — Electric Lighting and Power Distribution : Part 1. In-12, 198 p., av. fig. Whittaker. 3f,15.

Sibson (A.). — Agricultural Chemistry. Revised ed. In-8°, 340 p. 5f,25.

Southam (A.-D.). — Electrical Engineering as a Profession, and Howo to Enter it. In-8°, 196 p. Whittaker and Co. 5f,65.

Urquhart (J.-W.). — Electric Light : Its Production and Use. 5th ed., Revised, with Further Additions. In-8°, 410 p. Crosby Lockwood and Son. 9f,40.

—— Electric Ship Lighting : A Handbook on the Practical Fitting and Running of Ships' Electrical Plant, for the Use of Ship Owners and Builders, Marine Electricians and Sea-going Engineers in Charge. In-8°, 290 p., av. fig. Crosby Lockwood and Son. 9f,40.

6° *Exploitation des mines.*

Andre (G.-G.). — Rock Blasting. In-8°. Spons. 6f,25.

Boyd (R.-N.). — Coal Pits and Pitmen : A Short History of the

Coal Trade, and the Legislation Affecting it. Illust. In-8°, viii-256 p. Whittaker and Co. 4f,40.

Hughes (H.-W.). — A Text-Book of Coal-Mining. For the Use of Colliery Managers and Others. In-8°, 418 p., av. fig. Griffin. 22f,50.

7° *Construction. — Chemins de fer.*

Burnell (G.-R.). — Rudimentary Treatise on Limes, Cements Mortars, Concretes, Mastics, Plastering. 14th ed. With Appendix. In-12, 144 p. Crosby Lockwood and. Son 1f,90.

Cotsworth (M. B.). — Railway Maximum Rates and Charges. In-18. Bemrose. 8f,15.

Heering (C.). — Recent Progress in Electric Railways : Being a Summary of Periodical Literature Relating to Electric Railway Construction, Operation, Systems, Machinery, Appliances, etc. In-8°, 386 p. Whittaker. 6f,25.

Parliamentary. — Railways. Returns of the United Kingdom for 1891. 1f,15.

—— Railway Accidents. Returns and Inspectors' Reports. Jan.-March, 1892. 0f,85.

—— Railways. Continuous Brakes. Return, Jan.-June, 1892. 1f,25.

—— Railway Rates and Charges P. O. Bills. Report, Evidence and Index. 7f,75.

—— —— Report from Joint Committee. 0f,65.

—— Railways. Signal Arrangements and Systems for 1891. 1f,05.

—— —— Servants. Hours of Labour. Report from Select Committee. 0f,65.

—— —— Servants. Hours of Labour. Report of Committee. Evidence, Appendix and Index. 3f,35.

—— —— Servants' Hours of Labour. December, 1891. On Duty more than Twelve Hours. Return. 1f,05.

—— —— Servants' Hours of Labour. December, 1891. On Duty more than Ten Hours. Return. 0f,95.

—— —— Share and Loan Capital. Report for 1891. 0f,45.

Reckenzaun (A.). — Electric Traction on Railways and Tramways. Illust. In-8°, xxi-422 p. Biggs and Co. 13f,15.

Stretton (C.-E.). — The locomotive Engine and its Development: A Popular Treatise on the Gradual Improvements made in Railway Engines, between the Years 1803 and 1892. In-8°, x-154 p., avec fig. Crosby Lockwood and Son. 4f,40.

8° *Économie politique et sociale.*

GIBBONS (D.). — Labour Contracts : A Popular Handbook on the Law of Contracts for Works and Services. 4th ed., Revised and Enlarged. With Appendix giving Full Text of Many Statutes, by *T. F. Uttley*. In-8°, xxviii-368 p. Crosby Lockwood and Son. 4f,40.

9° *Objets divers.*

POWER (F.-D.). — A Pocket-Book for Miners and Metallurgists : Comprising Rules, Formulæ, Tables and Notes for Use in Field and Office Work. In-12, xvi-334 p. Crosby Lockwood and Son. 11f,25.

Spons' Engineers' and Contractors' Illustrated Book of Prices of Machines, Tools, Ironwork and Contractors' Material, 1892-1893. In-4°. Spons. 7f,50.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

DAY (DAVID). — Mineral Resources of the United States. Calendar Years 1889 and 1890. (United States Geological Survey.) In-8°, 671 p. Washington, Gov. Printing Office.

EDWARDS (W.-S.). — Coals and Cokes in West Virginia : A Handbook on the Coals and Cokes of the Great Kananha, New River, Flat Top, and Adjacent Coal Districts in West Virginia. In-8°, 162 p. Cincinnati, Clarke.

HOFMAN (H.-O.). — The Metallurgy of Lead and the Desilverisation of Base Bullion. In-8°, 415 p., avec fig. et pl. New-York, Scientific Publishing Co. 12f,50.

MOREING (C.-A.) and NEAL (T.). — The New General and Mining Telegraph Code : Alphabetically Arranged for Use of Mining Companies, Mining Engineers, Stock Brokers, Financial Agents and Trust and Finance Companies. In-8°, 620 p. Clowes. 26f,25.

OUVRAGES ALLEMANDS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

ARNDT (R.). — Bemerkungen über Kraft und auslösende Kraft im Besonderen. Greifswald, J. Abel. In-8°, IV-50 p. 1f,50. (4117)

BACHMANN (P.). — Vorlesungen über die Natur der Irrationalzahlen. Leipzig, B.-G. Teubner. In-8°, x-151 p. 5 fr. (2936)

—— Die Elemente der Zahlentheorie. Leipzig, B. G. Teubner. In-8°, XII-264 p. 8 fr. (4536)

KLIMPERT (R.). — Lehrbuch der Bewegung flüssiger Körper (Hydrodynamik). I. Bd. : Die Bewegungserscheinungen flüssiger Körper, welche aus den Boden und Seitenwänden von Gefässen, sowie durch Röhren und Röhrenleitungen bei konstanter sowie veränderlicher Druckhöhe fliessen. Bearbeitet nach System Kleyer. Stuttgart, J. Maier. In-8°, VIII-364 p. av. fig. 10 fr. (2959)

KRAZER (A.) und F. PRYM. — Neue Grundlagen einer Theorie der allgemeinen Thetafunctionen. Kurz zusammengestellt und herausgegeben von *A. Krazer*. Leipzig, B. G. Teubner. In-4°, XI-133 p. 9 fr. (3348)

KRUG (A.). — Zur linearen Differentialgleichung 3. Ordnung. Prague, H. Dominicus. In-8°, 81 p. 2f,50. (2961)

METGER (C.). — Lehrbuch der Gleichungen 3. und 4. Grades, nebst der trigonometrischen Auflösungen der Gleichungen. 2. Grades. Stuttgart, J. Maier. In-8°, VIII-243 p. av. 10 fig. 7f,50. (4144)

SEIPP (H.). — Lehrbuch der räumlichen Elementar-Geometrie (Stereometrie). I. Tl. : Die Lage von geraden Linien und Ebenen in Raum. Bearbeitet nach System Kleyer. Stuttgart, J. Maier. In-8°, VI-382 p. av. fig. 7f,50. (2972)

STURM (R.). — Die Gebilde 1. und 2. Grades der Liniengeometrie in synthetischer Behandlung. I. Thl. Der lineare Complex oder das Strahlengewinde und der tetraedale Complex. Leipzig, B. G. Teubner. In-8°, XIV-386 p. 15 fr. (3359)

VOIGT (W.). — Bestimmung der Constanten der Elasticität und Untersuchung der innern Reibung für einige Metalle. (Extr. des *Abhandl. d. k. Gesellsch. der Wissenchaften zu Göttingen.*) Göttingen, Dieterich. In-4°, 86 p., av. 1 pl. 8f,15. (4568)

Klein (F.). — Vorlesungen über die Theorie der elliptischen Modulfunctionen, ausgearbeitet und vervollständigt von *R. Fricke*. II. Bd. Fortbildung und Anwendung der Theorie. Leipzig, B. G. Teubner. In-8°, xv-712 p. av. fig. 30 fr. (4133)

Wolf (R.). — Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Litteratur. III. Halbbd. Zurich, F. Schulthess. In-8°, II. Bd., p. 1-320, av. fig. 10 fr. (2195)

2° *Physique et Chimie.*

Barus (C.). — Die physikalische Behandlung und die Messung hoher Temperaturen. Leipzig, J. A. Barth. In-8°, vii-92 p., av. 30 fig. et 2 pl. 3f,75. (4540)

Bender (A.) und H. Erdmann. — Chemische Präparatenkunde. I. Bd. Anleitung zur Darstellung anorganischer chemischer Präparate. Von *A. Bender*. Stuttgart, F. Enke. In-8°, viii-530 p. av. 102 fig. 15 fr. (4120)

Buchka (K.). — Lehrbuch der analytischen Chemie. II. Thl. Quantitative Analyse. Vienne, F. Deuticke. In-8°, xxii-276 p. av. 12 fig. 8f,75. (2568)

Felgentraeger (W.). — Die längste nachweisbare säkulare Periode der erdmagnetischen Elemente. I. Tl. : Deklination. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht. In-8°, 65 p. av. 2 pl. 3 fr. (3720)

Handbuch der anorganischen Chemie. Unter Mitwirkung von Gadebusch, Haintinger, Lorenz u. a. herausgegeben von *O. Dammer*. I. Bd. Stuttgart, F. Enke. In-8°, xii-751 p. (Paraîtra en 3 volumes). 25 fr. (2177)

Handwörterbuch der Chemie, herausgegeben von *A. Ladenburg*. X. Bd. Breslau, E. Trewendt. In-8°, 793 p. av. fig. 22f,50. (3342)

Hann (J.). — Weitere Untersuchungen über die tägliche Oscillation des Barometers. (Extr. des *Denksch. d. k. Akad. der Wissenschaften*). Vienne, F. Tempsky. In-4°, 60 p. av. 1 fig. 4f,25. (3724)

Heydweiller (A.). — Hülfsbuch für die Ausführung elektrischer Messungen. Leipzig, J. A. Barth. In-8°, viii-262 p. av. 58 fig. 7f,50. (4549)

Hovestadt (H.). — Lehrbuch der absoluten Masse und Dimensionen der physikalischer Grössen. Bearbeitet nach System Kleyer. Stuttgart, J. Maier. In-8°, xvi-231 p. 7f,50. (2956)

Kayser (H.) und C. Runge. — Ueber die Spectren der Elemente. 6. Abschn. (Extr. des *Abhandl. d. k. preuss. Akad. der Wissenschaften zu Berlin*). Berlin, G. Reimer. In-4°, 28 p. av. 1 pl. 2f,50. (4551)

Krüss (G.). — Spezielle Methoden der Analyse. Anleitung zur Anwendung physikalischer Methoden in der Chemie. Hambourg, L. Voss. In-8°, xii-104 p. av. 32 fig. 4f,40. (2180)

Lemberger (I). — Systematyczny przebieg jakosciowego rozbioru chemicznego. Przewodnik dla uzytku w laboratorjum. (Précis systématique d'analyse chimique qualitative. Guide pour le laboratoire.) Cracovie. In-8°, 109 p. 3f,15. (2181)

v. Pfeil (L.). — Die Lufthülle der Erde, der Planeten und der Sonne. Berlin, F. Dümmler. In-8°, 50 p. 1f,25. (3739)

Pinner (A.). — Die Imidoäther und ihre Derivate. Berlin, R. Oppenheim. In-8°, iv-303 p. 8f,75. (4149)

Schreiber (P.). — Untersuchung das über Wesen der sogenannten Bessel'schen Formel, sowie deren Anwendung auf die tägliche periodische Veränderung der Lufttemperatur. (Extr. des *Nova Acta d. k. Leopold. Carol. deutsch. Akad. der Naturforscher*). Halle-sur-Saale. Leipzig, W. Engelmann. In-4°, 83 p. av. 6 pl. 6f,25. (2969)

Seelig (E.). — Organische Reaktionen und Reagentien. Stuttgart, J. G. Cotta. In-8°, xvi-856 p. 18f,75. (4563)

Sohncke (L.). — Gemeinverständliche Vorträge aus dem Gebiete der Physik. Iéna, G. Fischer. In-8°, v-230 p. av. 27 fig. 5 fr. (2974)

Steffen (W.). — Lehrbuch der reinen und technischen Chemie. Anorganische Experimental-Chemie. II. Bd. Die Metalle. Bearbeitet nach System Kleyer. Stuttgart, J. Maier. In-8°, xv-588 p. av. 33 fig. 20 fr. (4565)

v. Sterneck (R.). — Die Schwerkraft in den Alpen und Bestimmung ihres Wertes für Wien. (Extr. des *Mittheil. d. k. k. militär-geograph. Institutes*). Vienne, R. Lechner. In-8°, 108 p. av. 1 pl. 1f,90. (2975)

Stricker (S.). — Ueber strömende Electricität. 1. Hälfte. Vienne, F. Deuticke. In-8°, vi-98 p. 3f,15. (4567)

Taubert (E.). Die Sulfosäuren der beiden Naphtylamine und der beiden Naphtole. Uebersichtlich zusammengestellt. Berlin, R. Gaertner. In-4°, iv-30 p. 4f,50. (3361)

van't Hoff (J.-H.). — Stereochemie. Nach H.'s « Dix années dans l'histoire d'une théorie. » Unter Mitwirkung des Verfassers neu bearbeitet von *W. Meyerhoffer*. Vienne, F. Deuticke. In-8°, viii-128 p. av. fig. 5 fr. (2179)

Wallentin (I.-G.). — Einleitung in das Studium der modernen Elektricitätslehre. Stuttgart, F. Enke. In-8°, xii-560 p. av. 253 fig. 15 fr. (2593)

Wilde (H.). — Ueber den Ursprung der elementaren Körper und über einige neue Beziehungen ihrer Atomgewichte (allemand et anglais). Berlin, R. Friedländer und Sohn. In-4°, vi-17 et iv-20 p. av. 1 pl. 5 fr. (3362)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Abhandlungen zur geologischen Specialkarte von Elsass-Lothringen. V. Bd. I. Heft. Mittheilungen über den Kalkspath von Elsass-Lothringen. Von *F. Stöber*. Strasbourg, Strassburger Druckerei u. Verlagsanstalt. In-8°, 62 p., av. 4 pl. lith. 5 fr. (3325)

Bittner (A.). — Ueber Echiniden des Tertiärs von Australien. (Extr. des *Sitzungsber d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, F. Tempsky. In-8°, 41 p. av. 4 pl. 2^{f},15. (2942)

Brusina (S.). — Fauna fossile terziaria di Markusevec in Croazia. Con un denco delle Dreissensidae della Dalmazia, Croazia e Slavonia. (Extr. de *Glasnika Hrvatskoga Naravoslovnoga Drutzva*). Agram. Berlin, R. Friedländer und Sohn. In-8°, 98 p. 3^{f},75. (3333)

Crook (A.-R.). — Ueber einige fossile Knochenfische aus der mittleren Kreide von Kansas. (Extr. des *Palaeontographica*). Stuttgart, E. Schweizerbart. In-4°, p. 107-124., av. 1 fig. et 4 pl. 12^{f},50. (3714)

Haas (H.). — Étude monographique et critique des Brachiopodes rhétiens et jurassiques des Alpes vaudoises et des contrées environnantes. (Extr. des *Abhandl. d. schweiz. paläontol. Gesellschaft*). Zurich. In-4°, 158 p., 11 pl. 20 fr. (2175)

Hammer (E.). — Zur Abbildung des Erdellipsoids. Stuttgart. In-8°, 40 p. 1^{f},25. (2176)

v. Hauer (F.). — Beiträge zur Kenntniss der Cephalopoden aus der Trias von Bosnien. I. Neue Funde aus dem Muschelkalk von Han Bulog bei Serajevo. (Extr. des *Denkschr. d. Akad. d. Wissenschaften*). Vienne, F. Tempsky. In-4°, 48 p., 15 pl. 10^{f},75. (3725)

v. Helmholtz (H.). — Goethe's Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen. Berlin, Gebr. Paetel. In-8°, 55 p. 1^{f},90. (3343)

Kafka (J.). — Hlodavci zeme ceske zijici i fossilni. (Mammifères vivants et fossiles de Bohême). Prague. In-8°, 96 p. 6^{f},90. (3729)

Kittl (E.). — Die Gastropoden der Schichten von St. Cassian der südalpinen Trias. II. Thl. (Extr. des *Annalen d. k. k. naturhist.*

Hofmuseums.) Vienne, A. Hölder. In-8°, 63 p., av. 5 pl. lith. 10 fr. (2958)

KNOP (A.). — Der Kaiserstuhl im Breisgau. Eine naturwissenschaftliche Studie. Leipzig, W. Engelmann. In-8°, VIII-538 p., av. 8 fig. phototyp., 89 fig. dans le texte et 1 carte géol. 21f,25. (4134)

MARTINI und CHEMNITZ. — Systematisches Conchylien-Cabinet. Neu herausgegeben und vervollständigt von *H. C. Küster*, fortgesetzt von *W. Kobelt*. Livr. 390-392. Nüremberg, Bauer und Raspe. In-4°, 100 p., av. 17 pl. color. Chaque livraison 11f,25. (2584)

—— —— Section 130. Nüremberg, Bauer und Raspe. In-4°, p. 137-238 et 257-296, av. 20 pl. color. 33f,75. (2585)

MILCH (L.). — Beiträge zur Kenntniss des Verrucano. I. Tl. Leipzig, Veit und Co. In-8°, v-145 p., av. 1 pl. 5 fr. (4145)

NATHORST (A.-G.). — Sveriges geologi allmänfattligt framstäld. I. Dln. Stockholm. In-8°, 160 p. 7f,50. (4146)

Natur und Wesen der Ursubstanz in ihrer Bedeutung als einzige Ausgangsquelle alles Seins und Lebens im Weltall. Freie Betrachtungen von Antimolek. Ratisbonne, W. Wunderling. In-8°, VI-125 p. 3f,75. (2188)

NEUMAYR (M.) und V. UHLIG. Ueber die von H. Abich im Kaukasus gesammelten Jurafossilien. (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, F. Tempsky. In-4°, 122 p., 6 pl. 11 fr. (2586)

POHLIG (H.). — Monographie der Elephas antiquus Falc. führenden Travertine Thüringens, ihrer Fauna und Flora. I. Stück: Monographie des Elephas antiquus Falc. mit Beiträgen über Elephas primigenius Blum. und Elephas meridionalis Nesti. 1. Hälfte: Dentition und Kranologie des Elephas antiquus Falc. mit Beiträgen über Elephas primigenius Blum. und Elephas meridionalis Nesti. 2. Abschn. (Extr. des *Nova Acta d. k. Leopold.-Carol. deutsch. Akad. der Naturforscher.*) Halle-sur-Saale. Leipzig, W. Engelmann. In-4°, p. 269-466, av. 7 pl. doubles et 159 zinkogr. 25 fr. (2588)

ROMANES (G.-J.). — Darwin und nach Darwin. Eine Darstellung der Darwin'schen Theorie und Erörterung darwinistischer Streitfragen. I. Bd. Die Darwin'sche Theorie. Traduit de l'anglais par *B. Vetter*. Leipzig, W. Engelmann. In-8°, VII-542 p., av. portr. et 124 fig. 11f,25. (3355)

ROTHPLETZ (A.). — Die Perm-, Trias- und Jura-Formation auf Timor und Rotti im indischen Archipel. (Extr. des *Palaeonto-*

graphica.) Stuttgart, E. Schweizerbart. In-4°, p. 57-106, av. fig. et 6 pl. 20 fr. (3744)

RÜTIMEYER (L.). — Die eocäne Säugethierwelt von Egerkingen. Gesamtdarstellung und 3. Nachtrag zu den « Eocänen Säugethieren aus dem Gebiet des Schweizer. Jura ». (Extr. des *Abhandl. d. schweizer. paläont. Gesellschaft.*) Zurich. In-4°, 153 p. av. fig. et 8 pl. 20 fr. (2192)

SCHELLWIEN (E.). — Die Fauna des karnischen Fusulinenkalks. I. Tl. (Extr. des *Palaeontographica.*) Stuttgart, E. Schweizerbart. In-4°, 56 p., av. 1 croquis, 1 tableau et 8 pl. 25 fr. (2193)

TARNUZZER (C.). — Der geologische Bau des Rhätikongebirges. (Extr. du *Jahresber. d. naturforsch. Gesellsch. Graubündens.*) Coire, J. Rich. In-8°, 123 p., av. 1 fig. phototyp., 13 profils et croquis. 2f,75. (3747)

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

HURTER (A.). — Vorlagen für Maschinenzeichnen. 2 Tle. in 1 Bd. Zurich, Institut Orell Füssli. In-fol., 30 pl., 2 feuilles de texte. 43f,75. (2834)

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

BISCAN (W.). — Elektrotechnische Vorlagen. Sammlung konstruktiver Aufnahmen aus dem gesamtem Gebiete der Elektrotechnik. 2. Lfg. 6 Tafeln in Farbendruck, enthaltend : Blitz-Schutz-Vorrichtungen, Ausschalter, Stromschlüssel, Zentralstation in Rom, Dynamomaschine. Leipzig, J. M. Gebhardt. In-fol., av. texte explicatif. In-4°, 8 p. 11f,25. (2414)

DÜRRE (E.-F.). — Die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten. Livr. 35 et 36. Leipzig, Baumgärtner. In-4°, x-102 p., av. 46 fig. et 15 pl. photolith. Chaque livraison 7f,50. (4379)

Handbuch der chemischen Technologie. Bearbeitet und herausgegeben von *P. A. Bolley* und *K. Birnbaum*. Fortgesetzt von *C. Engler*. VI. Bd. 6 Gruppe. 2. Abth. Handbuch der Sprengarbeit von *Osc. Guttmann*. Brunswick, F. Vieweg und Sohn. In-8°, xv-98 p., av. 136 fig. 7f,50. (2418)

HEIM (C.). — Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen für Gleichstrombetrieb. Leipzig, O. Leiner. In-8°, xvi-503 p. av. plus de 300 fig. 10 fr. (2419)

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

BÖRNER (H.). — Der Bergmann in seinem Berufe. Bilder aus den Freiderger Gruben. Mit Magnesiumblitzlicht aufgenommen. Freiberg, Craz und Gerlach. In-4°, 20 feuil. en photolith. 12f,50. (4786)

NEUBURG (C.). — Gosslars Bergbau bis 1552. Ein Beitrag zur Wirtschafts-und Verfassungsgeschichte des Mittelalters. Hanovre, Hahn. In-8°, IX-365 p. 7f,50. (3692)

RUNGE (W.). — Das Ruhr-Steinkohlenbecken. Berlin, Berliner Lith. Institut. In-8°, x-371 p. av. 12 pl. 37f,50. (3991)

7° *Chemins de fer.*

v. BUSCHMAN (M.). — Das neue Eisenbahn-Betriebsreglement in Gegenüberstellung zum internationalen Uebereinkommen über den Eisenbahnfrachtverkehr unter Beifügung der auf den Inhalt des Betriebsreglements Bezug nehmenden, noch in Geltung verbleibenden früheren Gesetze, Verordnungen, Kundmachungen, Erlässe, Judicate u. s. w. Unter Mitwirkung von *C. Ritter Rumler v. Achenwehr.* Vienne, Manz. In-8°, XVI-310 p. 7f,50. (3671)

BÜTE (T.). und A. v. BORRIES. — Die nordamerikanischen Eisenbahnen in technischer Beziehung. Wiesbaden, C. W. Kreidel. In-4°, XII-282 p., av. 1 carte, 74 fig. et 55 pl. 50 fr. (2828)

EGER (G.). — Eisenbahnrechtliche Entscheidungen deutscher und österreichischer Gerichte. Zusammengestellt, bearbeitet und herausgegeben. IX. Bd. 1. Heft. Berlin, C. Heymann. In-8°. 96 p. 12f,50. (3678)

Encyklopädie des gesamtem Eisenbahnwesens in alphabetischer Anordnung. Herausgegeben von *V. Röll* unter redaktioneller Mitwirkung von F. Kienesperger und Ch. Lang, etc. IV. Bd Vienne, C. Gerold's Sohn. In-8°, p. 1517—2058 av. 366 fig. 9 pl. et 3 cartes. 12f,50. (2416)

GERSTNER (T.). — Internationales Uebereinkommen über den Eisenbahn-Frachtverkehr. Convention internationale sur le transport de marchandises par chemins de fer. Berlin, F. Vahlen. In-8°, VIII-126 p. 3f,75. (4081)

MEYER (G.). — Grundzüge des Eisenbahn-Maschinenbaues. IV. Thl. Betriebsmittel für Nebenbahnen, Kleinbahnen und andere neuere Transport-Einrichtungen. Berlin, W. Ernst und Sohn. In-8°, XIII-377 p. av. 410 fig. 11f,90. (4795)

8° *Législation. — Economie politique et sociale.*

v. Baumbach-Kirchheim (W.). — Die Unfallversicherung. Berlin, C. Heymann. In-8°, viii-326 p. 5 fr. (2523)

Hallbauer (M.). — Das Krankenversicherungsgesetz. Mit den einschlagenden reichs und landesgesetzlichen Bestimmungen und einem alphabetischen Sachregister unter Hervorhebung der Parallelstellen herausgegeben. Leipzig, A. Berger. In-8°, 236 p. 2f,95. (2536)

Zeller (A.). — Die Lage der industriellen Arbeiter in Süddeutschland und das Arbeiterschutzgesetz vom 1. Juni 1891. Tübingue, H. Laupp. In-8°, vii-138 p. 3f,50. (3321)

9° *Objets divers.*

Dobler (K.. G..). — Ein neues Weltall. Begründet durch die Erfindung der Kometographen und durch eine vergleichende Astro-Embryologie. Gemeinverständlich bearbeitet von dem Erfinder des Kometographen. Leipzig, W. Friedrich. In-8°, viii-124 p. av. fig. 3f,75. (2945)

OUVRAGES RUSSES.

Andreeff (P.). — Descriptions techniques des matériaux et autres objets employés sur les chemins de fer russes. (En russe). St-Pétersbourg. In-8°, vii-184 p. 10 fr.

Gordiewski (P.). — Aperçu des phénomènes chimiques. (En russe). Kiev. In-8°, 71 p. 2f,90.

Pokrowski (P.). — Théorie des fonctions complexes de nombres. Leçons. (En russe). St-Pétersbourg. In-8°, 817 p. 5 fr.

OUVRAGES ESPAGNOLS.

Ross (A.). — Memoria sobre los ferrocarriles de Chile, presentada al supremo gobierno por *A. Ross*, enviado extraordinario y

ministro plenipotenciario de la república en la Gran Bretaña. In-8°, xiv-61 p. et pl. Paris, imp. P. Dupont.

Villasante y Gómez (F. B.). — La industria minero-metalúrgica en Mazarrón. Cartagène. In-4°, 256 p. et atlas. 30 fr.

OUVRAGES ITALIENS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

Boccardo (E.-C.). — Trattato elementare completo di geometria pratica. Disp. 35. Parte II (Topografia). Turin, Unione tipografico-editrice. In-8°, p. 369-400, av. 4 pl. 1f,60 la livraison. (9248)

Bono (A.). — Nota relativa alle funzioni trigonometriche di un angolo. Naples, tip. Gargiulo. In-8°, 8 p. av. fig. (10168)

Cameletti (I.). — Le due operazioni derivare e integrare. Rome, tip. della r. accad. dei Lincei. In-8°, 97 p. 3 fr. (5754)

Davoglio (G.). — Nuovi principî di cinematica : saggio. Bergame, tip. Gaffuri et Gatti. In-8°, 128 p. av. 5 pl. 5 fr. (8473)

Demczynski (G.). — Le proporzioni geometriche, precedute dalla teoria delle eguaglianze. Cuneo, Salomone. In-8°, 28 p. (8474)

Giavarini (C.). — Sulla elementare trisezione in parti eguali dell' angolo rettillineo : studio. Modène, tip. A. Rossi. In-8°, 14 p. av. planche. 0f,25. (10173)

Giudice (F.). — Sulla risolvente di Malfatti : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 12 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (5759)

Loria (G.). — Nicola Fergola e la scuola di matematici che lo ebbe a duce. Gênes, tip. dell' istit. Sordomuti, In-4°, 144 p. av. 4 pl. (Extr. des *Atti della r. università di Genova.*) (5357)

Samuelli (F.). — I triangoli ed i rettangoli calcolatori e le scale logaritmiche : nuovo metodo che offre a vista i risultati numerici di qualsiasi calcolo pratico di aritmetica, geometria, trigonometria, meccanica, fisica, ecc., e le radici delle equazioni di secondo e terzo grado. Florence, tip. G. Civelli. In-16, 150 p. av. fig. et 13 pl. (4890)

Saporetti (A.). — Metodo analitico con discussione generale per la trasformazione delle coordinate sferiche celesti in luogo

del metodo sintetico dei moderni astronomi (Brünnow 1869 e Gruey 1885). Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 14 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (6690)

MARCHESINI-COLLEONI (L.). — Sulla forma generale della equazioni delle linee di forza : memoria. Pavie, tip. succ. Bizzoni. In-16, 9 p. (7983)

MASDEA (A.). — Studio sulle epicicloidi. Naples, tip. della Soc. anonima coop. fra gli operai compositori del Pungolo. In-8°, 27 p., 2 pl. (5764)

MONTESANO (D.). — Su di un sistema lineare di coniche nello spazio : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 33 p. (Extr. des *Atti d. r. accad. delle scienze di Torino.*) (5765)

—— Su una congruenza di rette di secondo ordine e di quarta classe : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 19 p. (Extr. du même recueil.) (6686)

—— La rappresentazione su di un piano delle congruenze di rette di secondo ordine dotate di linea singolare : nota. Potenza, tip. C. Spera. In-8°, 25 p. (9253)

—— Su di un complesso di rette di terzo grado : nota. Potenza, tip. C. Spera. In-8°, 32 p. (9254)

MOTTI (G.). — Risoluzione della quadratura del circolo e quadratrice di Dinostrato con modificazione ai valori delle formole del pendolo contenenti il π d'Archimede, quadratura dell' ellisse. Pavie, tip. succ. Marelli. In-8°, 64 p. av. planche. (7987)

OCCELLA (F.). — Alcune questioni di matematica elementare. Casale, tip. Casalese. In-8°, 34 p. (10175)

OVIDIO (E. D'). — Formole relative alla forma binaria del sest' ordine. Turin, C. Clausen. In-8°, 31 p. [(Extr. des *Atti d. r. accad. delle scienze di Torino.*) (5362)

PACI (P.). — Sopra la derivate terze della funzione potenziale di una superficie : communicazione. Gênes, tip. Sordomuti. In-8°, 7 p. (Extr. des *Atti della r. università di Genova.*) (7066)

PAOLIS (R. DE). — Le corrispondenze projettive nelle forme geometriche fondamentali di prima specie : memoria. Turin, C. Clausen. In-4°, 94 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze di Torino.*) (7514)

PIERI (M.). — Osservazioni geometriche intorno alle linee diurne di un orologio solare. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 15 p. (Extr. du *Bollett. d. soc. di letture e conversazioni scientifiche.*) (10176)

Perozzi (A.). — Contributo alla geometria nel triangolo e del tetraedro. Tolentino, tip. F. Filelfo. In-8°, 27 p. (6204)

Pincherle (S.). — Contributo alla integrazione delle equazioni differenziali lineari mediante integrali definiti. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 26 p. (Extr. des *Mem. d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (6688)

Presti-Averza (E. lo). — Memoria sulla genesi delle comete : applicazione al tracciamento delle policentriche elittiche. Turin. tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 24 p. av. fig. et planche. (7515)

Pizzetti (P.). — I fondamenti matematici per la critica dei risultati sperimentali. Gênes, tip. dell' istit. Sordomuti. In-4°, 221 p. (Extr. des *Atti d. r. università di Genova.*) (5758)

Retali (V.). — Sullo spostamento finito di una figura piana nel suo piano. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 7 p. av. planche. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (7991)

Russo (G.). — Una soluzione trigonometrica della equazione cubica. Catanzaro, tip. Calò. In-8°, 7 p. (5770)

2° *Physique et Chimie.*

Angeli (A.). — Sulle costanti di affinità di alcuni acidi della serie del pirrolo e dell' indolo. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 32 p. (Extr. des *Mem. d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (5750)

Artini (E.). — Della forma cristallina e dei caratteri ottici della metilacetanilide. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 3 p. av. fig. (Extr. du *Giornale di mineralogia, cristallografia e petrografia.*) (8468)

Aussant-Carà (P.). — Applicazione della teoria del potenziale allo studio di alcune notevoli proprietà delle masse gassose isolate nello spazio : cenno. Florence, tip. S. Landi. In-4°, iiij-61 p. (7976)

Bartolotti (P.). — Azione del pentacloruro di fosforo sulla metilidrocotoina e sulla metilprotocotoina. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 7 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (4877)

Battelli (A.). Misure assolute degli elementi del magnetismo terrestre nella Svizzera, eseguite nel 1888 e nel 1889. Rome, tip. dell' Unione coop. editrice. In-4°, 139 p. (Extr. des *Annali dell' ufficio centrale meteorol. e geodinamico.*) (8889)

—— Sulle proprietà termiche del vapore : memoria. Parte IV

(Studio del vapor d' acqua rispetto alle leggi di Boyle e di Gay-Lussac). Turin, C. Clausen. In-8°, 36 p., 2 pl. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze di Torino.*) (8890)

BELTRAMI (E.). — Considerazioni sulla teoria matematica dell' elettromagnetismo. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 68 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (4878)

BIZARRI (D.). — Tabelle di analisi chimica qualitativa dei principali corpi inorganici, con spiegazioni teorico-pratiche e con alcuni saggi su materiali da costruzione. Disp. 1. Turin, A.-F. Negro. In-8°, p. 1-32. 1 fr. la livraison. (10167)

CARBONELLI (C.-E.). — Ricerche sperimentali sulla velocità di soluzione. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 11 p. av. fig. (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali.*) (6678)

CATTANEO (C.). — Sulla resistenza elettrica delle leghe facilmente fusibili allo stato liquido : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 15 p. (Extr. des *Atti d. r. accad. delle scienze di Torino.*) (5346)

CHIUSSI (A.). — Sopra l' acido biiodoacetilacrilico ed alcuni suoi derivati. Bologne, soc. tip. già Compositori. In-8°, 24 p. (5755)

CIAMICIAN (G.) e P. SILBER. — Intorno all' azione degli alcali caustici sul gruppo biossimetilenico contenuto nell' isosafrolo. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 13 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (5756)

—— —— Sopra alcuni derivati dell' idrochinone, della resorcina e della floroglucina. In-4°, 10 p. (Extr. du même recueil.) (5757)

COSSA (A.). — Sopra una nuova serie di combinazioni basiche del platino : richerche. Turin, C. Clausen. In-8°, 17 p. (Extr. des *Atti d. r. accad. delle scienze di Torino.*) (7503)

ERMACORA (G.-B.). — Contribuzioni allo studio del campo di Faraday; una supposta contraddizione di Maxwell e schema di una teoria della gravitazione : nota. Milan, tip. Lamperti di G. Rozza. In-8°, 39 p. av. fig. (Extr. des *Rendiconti sociali d. soc. ital. di elettricità.*) (4885)

FINZI (G.). — Trattato elementare di elettricità e magnetismo. Milan, *l'Elettricità*. In-8°, 496 p. av. fig. 6 fr. (6199)

GALILEI GALILEO. — Le opere. Edizione nazionale sotto gli auspicî di S. M. il Re d'Italia. Volume III, parte I [Il Sidereus nuncius e le scritture ad esso attinenti]. Florence, tip. G. Barbèra. In-4°, 399 p. av. fig. (10172)

GARBASSO (A.). — Sul problema delle onde piane nella teoria elettromagnetica della luce : nota. Turin, C. Clausen. In-8°,

10 p. (Extr. des *Atti d. r. accad. delle scienze di Torino.*) (5758)

Garzino (A.). — Sulla trifenilpiperazina : ricerche. Turin, C. Clausen. In-8°, 14 p. av. fig. (Extr. du même recueil.) (7505)

Guareschi (I.). — Sulle cianacetilamine e nuovi acidi ossamici : nota seconda. Turin, C. Clausen. In-8°, 26 p. (Extr. du même recueil.) (7508)

Maissen. — Appunti di chimica. Modène, lit. G. Pizzolotti. In-8°, litogr., 336 p. (6685)

Marconi (P.). — Alcune note sulla determinazione dei pesi molecolari. Varese, tip. Macchi e Brusa. In-8°, 34 p. (5358)

Mei (E.). — Di alcune applicazioni dell' elettricità. Orvieto, tip. E. Tosini. In-8°, 26 p. (6202)

Memme (F. de). — Sulla stereochimica degli etani normali. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 6 p. av. fig. (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali.*) (5360)

Negri (G.-B.). — Osservazioni critiche sopra il sistema cristallino della tianidride dell' acido benzoltiosolfonico del dott. L. Brugnatelli. Padoue, tip. Cooperativa. In-8°, 4 p. (Extr. de la *Rivista di mineralogia e cristallografia italiana.*) (7512)

Pozzo di Mombello (E. dal). — Trattato di fisico-chimica secondo la teoria dinamica [con prefazione di *E. Benedetti*]. Milan, Coop. editrice italiana. In-16, vij-624 p. av. 8 pl. 5 fr. (5364)

Spica (M.). — Altro metodo volumetrico per dosare l'acido fosforico : nota. Milan, tip. del Riformatorio patronato. In-8°, 8 p. (Extr. de la *Rivista di merciologia.*) (8896)

Stoppa (C.). — Sull' acqua salforosa, salina e iodurata della villa di Coriano, presso Dovadola : analisi chimica. Milan, tip. del Riformatorio patronato. In-8°, 17 p. (Extr. du *Bollettino chimico-farmaceutico.*) (6210)

Tarugi (N.). — Sull' azione dell' amalgama di sodio nelle ossime delle aldeide triclorurate : nota. Modène, tip. Vincenzi. In-8°, 3 p. (Extr. des *Atti d. soc. dei naturalisti di Modena.*) (6211)

Villari (E.). — Intorno all'azione del magnetismo ordinario sul traversale studiata nel ferro et nell' acciaio. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 14 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (5773)

Vitali (D.). — Relazione sull' acque solforosa, ferruginosa e salsojodica dello stabilimento balneo idroterapico in Castel S. Pietro dell' Emilia. Bologne, tip. Azzoguidi. In-8°, 16 p. (6693)

Volta (A.). — La storia e la teoria voltiana nelle odierne pubblicazioni. Parte II e III. Milan, tip. Lamperti di G. Rozza.

In-8°, p. 21-126. (Extr. des *Resoconti d. soc. italiana di elettricità pel progresso degli studî e delle applicazioni.*) (4895)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

D'Achiardi (A.). — Le roccie del verrucano nelle Valli d'Asciano e d'Agnano nei monti pisani. Pise, tip. T. Nistri e C. In-8°, 25 p. (Extr. des *Atti d. soc. toscana d. scienze naturali.*) (7494)

Baratta (M.). — Primo supplemento al Catalogo dei fenomeni elettrici e magnetici, apparsi durante i principali terremoti : memoria. Milan, tip. Lamperti di G. Rozza. In-8°, 3 p. (Extr. des *Rendiconti sociali d. soc. ital. di elettricità pel progresso degli studî e delle applicazioni.*) (4876)

Bentivoglio (T.). — Ricerche sulla dolomite. Modène, tip. G.-T. Vincenzi e nipoti. In-8°, p. 83-107. (Extr. des *Atti della soc. d. naturalisti di Modena.*) (6675)

Bertelli (T.). — Appunti in conferma delle osservazioni tromometriche : note due. Turin, tip. s. Giuseppe. In-4°, 14 p. av. fig. (Extr. du *Bollett. mensuale della soc. meteorol. ital.*) (9246)

Bozano (C.) e S. Squinabol. — A proposito di una recente interpretazione dei terreni eocenici della Liguria. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 7 p. (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali.*) (5345)

Bucca (L.). — Contribuzioni allo studio geologico dell'Abissinia. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 19 p. (Extr. du *Giornale di mineralogia, cristallographia e petrografia.*) (7978)

Busatti (L.). — I porfidi della miniera di Tuviois nel Sarrabus (Sardegna) : descrizione petrografica. Pise, tip. T. Nistri et C. In-8°, 19 p. (Extr. des *Atti d. soc. toscana di scienze naturali.*) (7500)

Calabrò-Lombardo (A.). — La genesi dell'atomo cubico e l'assicristalloscopio. Catane, tip. C. Galàtola. In-8°, 13 p. (8470)

Campana (C. della). — Sopra una formazione postquaternaria della Foce (Genova) e della riviera di Levante. Gênes, tip. Sordomuti. In-8°, 4 p. (6198)

Capellini (G.) e E. Solms-Laubach. — I tronchi di Bennettitee dei musei italiani : notizie storiche, geologiche, botaniche. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 56 p., 5 pl. (Extr. des *Mem. d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (4883)

Catterina (E.). — Antropologia antica e moderna della provincia di Como. Côme, tip. R. Longatti. In-8°, 44 p. (7979)

Cecconi (G.). — *Sphodrus Capellinii*, nuova specie di Coleottero fossile dei tripoli di Mondaino. Bologne, tip. A. Pongetti. In-8°, 14 p. (6679)

Chelussi (I.). — Alcuni porfidi di Borgosesia : studio microscopico. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 10 p. av. planche. (Extr. du *Giornale di mineralogia, cristalografia e petrografia.*) (8472)

Corti (B.). — Il terreno quaternario di Valle d'Intelvi : osservazioni geologiche. Côme, tip. Cavalleri e Bazzi. In-8°, 14 p. (Extr. du *Corriere della Domenica.*) (7502)

—— Sulle torbe glaciali del Ticino e dell'Olona : ricerche micropaleontologiche. Pavie, tip. succ. Bizzoni. In-8°, 18 p. (Extr. du *Bollett. scientifico.*) (7980)

—— Sulle diatomee del lago di Varese, cenni oroidrografici e geologici sul lago di Varese : nota colla collaborazione del dott. *A. Fiorentini*. Pavie, tip. succ. Bizoni. In-8°, 11 p. (Extrait du même recueil.) (9699)

Fornasini (C.). — Di alcune forme plioceniche della *Nodosaria obliqua;* contributo alla conoscenza della microfauna terziaria italiana. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 11 p, avec planche. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze dell'istit. di Bologna.*) (6681)

Franco (P.). — Sull'analcime del Monte Somma. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 6 p. avec 2 pl. (Extr. du *Giornale di mineralogia. cristallografia e petrografia.*) (8475)

Gasparini (G.). — Sopra alcune teorie riguardanti l'isomorfismo cristallografico. Fano, soc. tip. Cooperativa. In-8°, 16 p. (7506)

Giannotti (G.). — Appunti petrografici sopra alcune roccie del Piano del Re, M[te] Viso (alta valle del Po). Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 9 p. (Extr. du *Giornale di mineralogia, cristallografia e petrographia.*) (7981)

—— Cenni geologici e petrografici di Colle S. Giovanni (Viù), Valli di Lanzo. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 9 p. (Extr. du même recueil.) (8476)

Issel (A.). — Brevi note di geologia locale. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 11 p. (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali.*) (5352)

—— Liguria geologica e preistorica, con note e disegni originali di *N. Morelli*, panorami e fotografie di *G. Dellepiane*. Texte et atlas. Gênes, A. Donath. In-8°, avec fig. 3 vol. : 440 p., 376 p., 38-vj p., avec 30 pl. 30 fr. (9252)

Omboni (G.). — Società geologica italiana : dicorso d'apertura

dell'adunanza generale, tenuta a Padova nel giorno 21 aprile 1892. Padoue, tip. F. Saccheto. In-8°, 16 p. (7065)

MARIANI (E.). — Appunti sull'eocene e sulla creta nel Friuli orientale. Udine, tip. Cooperativa. In-8°, 45 p. (Extr. des *Annali del r. istituto tecnico di Udine.*) (5359)

MAZZETTI (G.). — Per lo scavo di un nuovo pozzo in Modena : cenno intorno alla fauna e alla flora del sottosuolo di Modena dai 10 ai 21 m. di profondità. Modène, tip. G.-T. Vincenzi e nipoti. In-8°, 15 p. (Extr. des *Atti d. soc. dei naturalisti di Modena.*) (6201)

MERCALLI (G.). — Le lave antiche e moderne dell'isola Vulcano. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 16 p. (Extr. du *Giornale di mineralogia, cristallografia e petrografia.*) (7986)

MEYER (A.-B.). — Ueber Jadeït mit niedrigem specifischen Gewichte von Bamo in Barma. Gênes, tip. Sordomuti. In-8°, 3 p. (Extr. des *Annali del museo civico di storia naturale di Genova.*) (10174)

NAMIAS (I.). — Coralli fossilli del museo geologico della r. università di Modena. Modène, tip. G.-T. Vincenzi e nipoti. In-8°, 16 p. (Extr. des *Atti d. soc. dei naturalisti di Modena.*) (6687)

NEGRI (G.-B.). — Note di critica cristallografica. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 2 p. (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali.*) (5361)

PANEBIANCO (R.). — Nota sulla forma cristallina della melanoflogite. Padoue, tip. Prosperini. In-8°, 8 p. avec fig. (Extr. du *Bullett. d. soc. veneto-trentina di scienze naturali.*) (5363)

—— Inesattezze ed errori nella determinazione delle costanti cristallografiche dei minerali. Padoue, tip. fr. Salmin. In-8°, 12 p. (Extr. de la *Rivista di mineralogia e cristallografia italiana.*) (6203)

—— Ancora sull'entità degli errori del prof. Sansoni et sull' intensità di quelli del prof. Bombicci. Padoue, tip. Cooperativa. In-8°, 16 p. (Extr. du même recueil.) (7989)

—— Su certe contribuzioni mineralogiche e cristallografiche del prof. G. Crattarola, con nota. — Su di un trattato di mineralogia per le scuole secondarie. — Sulla cristallografia di F. Sansoni : (recensioni). Padoue, tip. Cooperativa. In-8°, 7 p. (Extr. du même recueil.) (7990)

RAZZORE (A.). — Il pliocene di Sestri Ponente, S. Giovani Battista e Borzoli. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 7 p. avec fig. (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali.*) (7069)

RIZZATTI (F.). — Le analisi al cannello ferruminatorio : manuale

pratico pel mineralogista e pel chimico. Seconda edizione. Turin, G.-B. Paravia e C. In-8°, 156 p. av. planche. 3 fr. (10178)

Rovereto (G.). — Sezione geologica da Genova a Piacenza. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 23 p. avec fig. et une planche. (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali.*) (7070)

Sacco (F.). — Le zone terziarie di Vernasca et Vigoleno nel piacentino : studio geologico. Turin, C. Clausen. In-8°, 9 p. av. planche. (Extr. des *Atti d. r. accad. delle scienze di Torino.*) (7519)

Salomon (W.). — Nuove osservazioni nelle regioni di Cima d'Asta e dell'Adamello. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 8 p. (Extr. du *Giornale di mineralogia, cristallografia e petrografia.*) (8478)

Sella (A.). — Compendio delle ricerche del prof. Voigt sull' elasticità dei cristalli. Padoue, tip. Cooperativa. In-8°, 25 p. (Extr. de la *Rivista di mineralogia e cristallografia italiana.*) (6691)

Simonelli (V.). — Fossili retici della montagna di Cetona. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 28 p. av. planche. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (8895)

Spezia (G.). — Sull' origine del solfo nei giacimenti solfiferi della Sicilia. Turin, tip. G. Gandeletti. In-8°, 130 p., 2 pl. (4891)

Squinabol (S.). — Miscellanea di geologia locale. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 7 p (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali.*) (7071)

—— Contribuzioni alla flora fossile dei terreni terziari della Liguria. IV (Monocotiledoni). Gênes, tip. dell' istit. Sordomuti. In-4°, 107 p., 12 planches. (9256)

Tellini (A.). — Descrizione geologica della tavoletta « Majano » nel Friuli (tavoleta IV, S. O., al 25.000 del foglio 25 della carta d'Italia). Udine, tip. G.-B. Doretti. In-8°, 63 p. avec planche. (Extr. du journal *In Alto.*) (7073)

Traverso (S.). — Note sulla tettonica del siluriano in Sardegna. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 35 p. (Extr. des *Atti d. soc. ligustica di scienze naturali.*) (5371)

—— Cenni preliminari sulla serie di roccie antiche in Val d'Ossola. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 16 p. (Extr. du même recueil.) (4894)

Vassallo (D.). — Sulla mineralogia dei carbonati. Modica, tip. F. Massa. In-8°, 91 p. (8481)

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

Ancona (U.). — Risultati sperimentali sulla resistenza dei tubi soggetti a forti pressioni esterne. Milan, tip. degli Operai. In-8°, 19 p. av. fig. (Extr. de *L'Industria.*) (5812)

Brown (H.-T.). — Cinquecento meccanismi scelti fra i più importanti e recenti, riferentesi alla dinamica, idraulica, idrostatica, pneumatica, macchine-vapore, molini, torchi, orologeria ed altre diverse macchine. Tradizione italiana compilata sulla sedicesima edizione inglese dall' ing. *F. Cerruti.* Milan, U. Hoepli. In-16, vj-176 p. av. fig. (9748)

Colorni (C.). — Manuale-guida del macchinista, compilato secondo il programma ministeriale allegato al regolamento 3 aprile 1890 della legge di publica sicurezza : corso libero di lezioni tenute agli allievi macchinisti nel 1890 nel locale istituto tecnico, col testo del regolamento vigente e le norme del machinista per le prove e visite delle caldaie a vapore. Seconda edizione. Mantoue, tip. G. Mondovi. In-16, 71 p. (7624)

Gemelli (V.). — Il principio di reciprocità applicato alla risoluzione delle travi continue. — Il calcolo numerico della lunghezza delle lamiere nelle travi in ferro di uniforme resistenza, semplicemente appoggiate alle estremità. — La resistenza alla tensione dei cementi : riassunto delle prove eseguite nel laboratorio sperimentale annesso al gabinetto di costruzioni della r. scuola d'applicazione per gl' ingegneri in Bologna. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 31 p. avec planche. (Extr. des *Atti del collegio degli ingegneri e degli architetti di Bologna.*) (4922)

Perroni (A.). — La similitudine nelle machine a vapore marine. Gênes, tip. A. Ciminago. In-8°, 20 p. (Extr. du *Bollett. d. soc. di letture e conversazioni scientifiche.*) (4923)

Regolamento per l'esercizio e la sorveglianza delle caldaie a vapore, in esecuzione agli articoli 27, 28, 29 e 138 della legge 23 dicembre 1888, n° 5888, sulla pubblica sicurezza (Associazione dei possessori di caldaie e generatori di vapore nelle provincie dell' Emilia e delle Marche). Bologne, tip. Azzoguidi. In-8°, 15 p. (8148)

Roisecco (I.). — Sui coefficienti di attrito nei tubi di picoolo diametro. — Sul prezzo delle condotte per tubi di ghisa. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 10 p. avec planche. (Extr. des *Atti del collegio degli ingegneri e degli architetti di Bologna.*) (4925)

Roisecco (I.). — Su l' elevazione economica dell' acqua mediante macchine a fuoco. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 8 p., av. planche. (Extr. du même recueil.) (8070)

5° *Exploitation des mines.*

Rivista del servizio minerario nel 1890 (Ministero di agricoltura, industria e commercio; direzione generale dell' agricoltura). Florence, tip. G. Barbèra. In-8°, cclvj-855 p., av. 7 pl. 3f,50. (Extr. des *Annali di agricoltura.*) (9311)

6° *Chemins de fer.*

Biglia (F.). — Tachygraphe hydraulique pour contrôler la marche des trains de chemins de fer. Turin, imp. Camilla et Bertolero. In-8°, 16 p., av. fig. (5813)

Campiglio (A.). — I treni di gravità per servizio viaggiatori (Unione delle ferrovie italiane d' interesse locale). Milan, tip. Zanaboni e Gabuzzi. In-8°, 18 p., av. planche. (10209)

Campiglio (A.) e C. Thonet. — Relazione sulle leve a mano per manovra di vagoni nelle stazioni (Unione delle ferrovie italiane d' interesse locale). Milan, tip. Zanaboni e Gabuzzi. In-8°, 8 p., av. fig. (10210)

Cenno critico sulla ferrovia Palermo-Corleone. Palerme, tip. Priulla. In-8°, 32 p. (8520)

Costruzione ed esercizio delle strade ferrate e delle tramvie: norme pratiche dettate da una eletta di ingegneri specialisti. Turin, Unione tipografico-editrice. In-4°, av. fig. Disp. 60, p. 225-256, av. 4 pl.; Disp. 61, p. 259-298, av. 3 pl.; Disp. 62, p. 1-32, av. 4 pl.; Disp. 63-64, p. 51, 299-338, av. 5 pl.; Disp. 65, p. 339-386, av. 3 pl.; Disp. 66-67, p. 1-32, 97-128, av. 8 pl.; Disp. 68-69, p. 33-48, 33-64, av. 10 pl. 2 fr. la livraison. (4919 — 5815 — 6725 — 7096 — 8522 — 9291 — 10211)

Relazione sulle costruzioni e sull' esercizio delle strade ferrate italiane per gli anni 1888-1889-1890. Volume II: Lavori e provviste a carico dello stato, dei fondi di riserva e delle casse patrimoniali per le linee in esercizio delle reti ferroviarie mediterranea, adriatica et sicula (Ministero dei lavori pubblici: r. ispettorato generale delle strade ferrate). Rome, tip. Nazionale di G. Bertero. In-4°, xij-342 p. (8937)

Ruggiero (P.). — Degli apparecchi centrali per la manovra di scambi e segnali. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 50 p.,

av. fig. et 3 pl. (Extr. de l'*Ingegneria civile e le arti industriali.*) (8525)

Regolamento per la circolazione sulle ferrovie italiane dei carri di costruzione speciale nazionali ed esteri di proprietà privata o noleggiati da privati, attuato il 15 settembre 1892 (Strade ferrate italiane : rete mediterranea ed adriatica). Milan, tip. G. Civelli. In-8°, 15 p. (8069)

7° *Législation. — Économie politique et sociale.*

Gasca (C.-L.). — Il codice ferroviario. Volume IV e ultimo (Raccolta di leggi, regolamenti, ecc.). Milan, U. Hoepli. In-8°, viij-938 p. 16 fr. (5243)

Montanari (A.). — La matematica applicata all' economia politica da Cesare Beccaria, Guglielmo Silio, Luigi Molinari Valeriani e Antonio Scialoja : estratti per servire alla compilazione d' una storia dell' economia in Italia. Reggio Emilia, tip. S. Calderini e figlio. In-8°, 34 p. (9209)

Pagano (G.). — Le miniere e il diritto di proprietà. Palerme, Remo Sandron. In-8°, 344 p. 5 fr. (7907)

8° *Objets divers.*

Caverni (R.). — Storia del metodo sperimentale in Italia. T. II. Florence, G. Civelli. In-8°, 567 p. 10 fr. (6884)

Crugnola (G.). — Dizionario tecnico di ingegneria e di architettura nelle lingue italiana, francese, inglese et tedesca, compresovi le scienze, arti e mestieri affini. Parte I, disp. 44-45. Turin, F. Negro. In-8°, p. 81-176. (5816)

Jadanza (N.) — Sopra alcune differenze trovate nel calcolo delle coordinate geografiche dei vertici del quadrilatero che congiunge l'Algeria colla Spagna : note. Turin, C. Clausen. In-8°, 8 p., av. fig. (Extr. des *Atti d. r. accad. delle scienze di Torino.*) (6683)

—— Un nuovo apparato per misurare basi topografiche. Turin, C. Clausen. In-8°, 14 p. av. fig. (Extr. du même recueil.) (6684)

Ricchieri (G.). — L' Italia e l' unificazione mondiale del tempo col sistema dei fusi orarî : memoria presentata al circolo industriale-agricolo-commerciale di Milano. Milan, tip. degli Ingegneri. In-8°, 32 p. (10177)

LISTE DES ÉCHANGES AUTORISÉS

ENTRE LES ANNALES DES MINES ET LES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Les *Annales des mines* ont été adressées, à titre d'échange, en 1892, aux Sociétés et publications dont les noms suivent :

1. — The Journal of the FRANKLIN INSTITUTE. *Philadelphie.*
2. — The American Journal of science and arts. *New-Haven.*
3. — AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY. *Philadelphie.*
4. — ROYAL SOCIETY OF LONDON.
5. — The quarterly Journal of the GEOLOGICAL SOCIETY. *Londres.*
6. — INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. *Londres.*
7. — ROYAL IRISH ACADEMY. *Dublin.*
8. — SOCIETA TOSCANA DI SCIENZE NATURALI. *Pise.*
9. — L'Industria. Rivista tecnica ed economica illustrata. *Milan.*
10. — SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE.
11. — SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. *Paris.*
12. — Journal de mathématiques pures et appliquées. *Paris.*
13. — Annales de Chimie et de Physique. *Paris.*
14. — SOC. D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. *Paris.*
15. — Journal de Pharmacie et de Chimie. *Paris.*
16. — KAISERLICH-KÖNIGLICHE GEOLOGISCHE REICHSANSTALT. *Vienne.*
17. — ROYAL GEOLOGICAL SOCIETY OF CORNWALL. *Penzance.*
18. — GEOLOGICAL SURVEY OF GREAT-BRITAIN. *Londres.*
19. — ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH. *Édimbourg.*
20. — SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE. *Saint-Étienne.*
21. — SMITHSONIAN INSTITUTION. *Washington.*
22. — Zeitschrift der DEUTSCHEN GEOLOG. GESELLSCHAFT. *Berlin.*
23. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. *Brunswick.*
24. — Zeitschrift des OESTERREICHISCHEN INGENIEUR-UND ARCHITEKTEN-VEREINS. *Vienne.*
25. — SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA. *Buenos-Ayres.*
26. — Zeitschrift des ARCHITEKTEN UND INGENIEUR-VEREINS ZU HANNOVER. *Hanovre.*
27. — GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA. *Calcutta.*
28. — Berg-und Huttenmännische Zeitung. *Leipzig.*
29. — SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE.

30. — Société Chimique de Paris.
31. — Il Politecnico. Giornale dell' Ingegnere, Architetto civile ed industriale. *Milan.*
32. — Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. *Berlin.*
33. — Société des Ingénieurs civils. *Paris.*
34. — Observatoire de Paris.
35. — Boston Society of Natural History. *Boston.*
36. — Société linnéenne de Normandie. *Caen.*
37. — Comité géologique de la Russie. *St-Pétersbourg.*
38. — Iron. The Journal of science, metals and manufactures. *Londres.*
39. — Königliche Ungarische geologische Anstalt. *Bude-Pesth.*
40. — The Journal of the Iron and Steel Institute. *Londres.*
41. — The Engineering and Mining Journal. *New-York.*
42. — North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. *Newcastle-upon-Tyne.*
43. — Literary and Philosophical Society of Manchester.
44. — Berg-und Hüttenmännisches Jahrbuch der K. K. Bergakademien zu Leoben und Przibram und der Kön. Ungar Bergakademie zu Schemnitz. *Vienne.*
45. — Oesterr. Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen. *Vienne.*
46. — Revue universelle des Mines et de la Métallurgie. *Liège.*
47. — American Institute of Mining Engineers. *Easton* (*Pensylvanie*).
48. — Reale Accademia dei Lincei. *Rome.*
49. — American chemical Society. *New-York.*
50. — Academy of natural Sciences of Philadelphia.
51. — Comision del Mapa geologico de Espana. *Madrid.*
52. — Mémorial de l'Artillerie de la Marine. *Paris.*
53. — Midland Institute of mining, civil and mechanical Engineers. *Barnsley* (*Yorkshire*).
54. — L'Électricien, revue générale d'électricité. *Paris.*
55. — Giornale del Genio civile. *Rome.*
56. — Le génie civil. *Paris.*
57. — Revista minera y metalurgica. *Madrid.*
58. — Annales de la Société géologique de Belgique. *Liège.*
59. — United States geological Survey. *Washington.*
60. — Institut royal géologique de Suède. *Stockholm.*
61. — Canadian Institute. *Toronto.*
62. — Revue de la législation des mines. *Paris.*
63. — Section des travaux géologiques du Portugal. *Lisbonne.*
64. — Second geological survey of Pennsylvania. *Philadelphie.*

65. — K.K. Naturhistorischer Hofmuseum. *Vienne.*
66. — College of Science, Imperial University, Japan. *Tokyo.*
67. — Kais. Leopoldinisch-Carolinische deutsche Akademie der Naturforscher. *Halle-sur-Saale.*
68. — Annales de la Faculté des sciences de Toulouse.
69. — New-York Akademy of sciences. *New-York.*
70. — Institution of Mechanical Engineers. *Londres.*
71. — Department of Mines of Victoria. *Melbourne.*
72. — Department of Mines of New South Wales. *Sydney.*
73. — Revue générale des sciences pures et appliquées. *Paris.*
74. — Witwatersrand mining and metallurgical Review. *Johannesburg* (*Transvaal*).
75. — Geological and Natural History Survey of Canada. *Ottawa.*
76. — La Réforme sociale. *Paris.*
77. — Société internationale des Électriciens. *Paris.*
78. — Bulletin of the Geological Society of America. *Rochester* (*N. Y.*).
79. — Commission internationale du Congrès des chemins de fer. *Bruxelles.*
80. — Association amicale des élèves de l'École supérieure des mines. *Paris.*

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DEUXIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

Pages.

La France et l'Algérie sismiques; par M. *de Montessus de Ballore* 317

EXPLOITATION DES MINES. — GITES MINÉRAUX.

Note sur une rupture du câble du plan incliné de l'usine Lavie, à Constantine; par M. *Jacob*. 97

État actuel de l'industrie du naphte dans la presqu'île d'Apschéron; par M. *A. Leproux*. 117

Note sur un nouvel indicateur de grisou; par M. *G. Chesneau* 203

Le grisou aux mines d'Anzin (1810-1892); par M. *A. François*. (Première Partie). 233

— (Deuxième Partie) 603

Sur le dosage du grisou; par M. *H. Le Chatelier* 469

Note sur les principaux gisements minéraux de la région du Caucase; par M. *A. Leproux*. 491

CHIMIE. — MÉTALLURGIE.

Fabrication de la fonte dans le Luxembourg et les provinces du Rhin, d'après des renseignements récents; par M. *G. Bresson*. 5

Note sur la métallurgie du cuivre en Russie; par M. *Weiss*. 285

Note sur deux procédés directs pour la fabrication de l'acier sur sole aux États-Unis; par M. *Ed. de Billy* 329

MÉCANIQUE. — MACHINES.

Pages

Écoulement de l'eau des chaudières; par M. *Ed. Sauvage* . 192

Étude sur les pertes de charge de l'air comprimé et de la vapeur dans les tuyaux de conduite; par M. *Ledoux* . . . 541

CHEMINS DE FER.

Note sur les éléments et l'entretien des voies ferrées en Angleterre; par M. *A. Leproux* 21

La formule d'exploitation de M. Considère; quelques réflexions, à ce sujet, sur l'utilité des chemins de fer secondaires et sur les tarifs; par M. *C. Colson*. 44

LÉGISLATION. — ÉCONOMIE SOCIALE.

Des transformations apportées aux caisses de secours pour les ouvriers mineurs en Allemagne par les lois d'Empire sur les assurances ouvrières; par M. *Maurice Bellom* . . 363

OBJETS DIVERS.

Sur la vente des minerais et du sulfure d'antimoine; par M. *P.-L. Burthe* 163

Bulletin des accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur pendant l'année 1891 696

BULLETIN.

Note sur le développement des mines d'or du Transvaal (Witwatersrand); par M. *L. de Launay* 107

Production de l'or et de l'argent dans les principaux pays du globe; par M. *Sol*. 224

Production minérale et métallurgique des Iles-Britanniques pendant l'année 1891. 225

Le sondage de Douvres; par M. *E. Lorieux* 227

Production, exportation, importation et consommation de la houille en Belgique, en 1890. 352

Accidents survenus dans les charbonnages de Belgique, en 1890 353

Pages.
Production métallurgique de la Belgique, en 1890 354
Statistique de l'industrie minérale de l'Italie, de 1881 à 1890 355
Statistique de l'industrie minérale et métallurgique de la Bavière en 1890 et 1891 478
Statistique de l'industrie minérale et métallurgique de la Prusse en 1891. 479
Statistique de l'industrie minérale et métallurgique de l'Autriche en 1890 et 1891. 480
Sur les empreintes du sondage de Douvres ; par M. *R. Zeiller*. 599
Production minérale de l'Espagne en 1890 602
Actes de courage et de dévouement. — Accidents arrivés dans les mines et carrières 712

Législation étrangère.

République du Transvaal. Loi et règlements de 1891 sur l'exploitation des mines. 110
Mexique. Lois et règlements de 1892 sur le régime des mines 481

BIBLIOGRAPHIE.

Deuxième semestre de 1892.

Ouvrages français 715
Ouvrages anglais. 730
Ouvrages américains 737
Ouvrages allemands. 739
Ouvrages russes. 745
Ouvrages espagnols. 745
Ouvrages italiens 746

Liste des échanges autorisés entre les *Annales des mines* et les publications françaises et étrangères 758

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME DEUXIÈME.

Pl. I et II. — Éléments et entretien des voies ferrées en Angleterre.

Pl. III. — Rupture du câble du plan incliné de l'usine Lavie à Constantine.

Pl. IV. — Industrie du naphte dans la presqu'île d'Apschéron.

Pl. V et VI. — Nouvel indicateur de grisou.

Pl. VII et VIII. — Métallurgie du cuivre en Russie.

Pl. IX et X. — France et Algérie sismiques.

Pl. XI. — Fabrication de l'acier sur sole aux États-Unis.

Pl. XIII (*). — Principaux gisements minéraux de la région du Caucase.

Pl. XIV, XV et XVI. — Étude sur les pertes de charge de l'air comprimé et de la vapeur dans les tuyaux de conduite.

(*) Les Pl. XIII à XVI font immédiatement suite à la Pl. XI, l'absence de Pl. XII résultant simplement d'une erreur de numérotage, reconnue trop tard pour qu'il ait été possible de la rectifier.

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

Pl. I.

NORTHERN RAILWAY

Fig. 3.

Coussinet de joint *(Poids 24^kg)*

Elévation

Plan

Elévation suivant AB

lle de 0.166 p m.

VAY

oids 22^k700

p m

bois

ines

Fig. 5 _ Voie courante

ails à double champignon acier de 42^kg160 et de 9^m144 *(30 pieds anglais)* posés sur 11 traverses

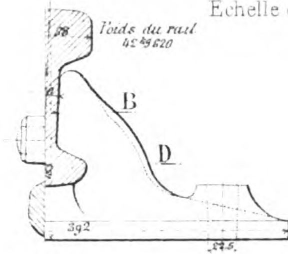
Echelle de 0.01 p m.

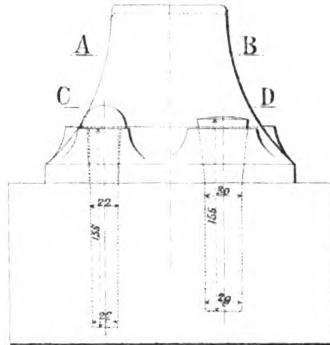
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Fig. 2.

LANCASHIRE AND YORKSHIRE RAILWAY

...ation Echelle de 0.166 p m Vue en bout





Ch...
Ech...

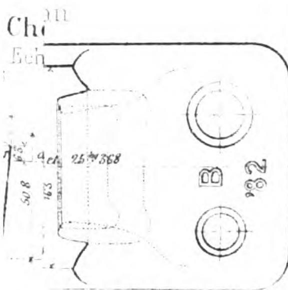


Fig. 3.

Eclissage _ Echelle de 0.166 p m

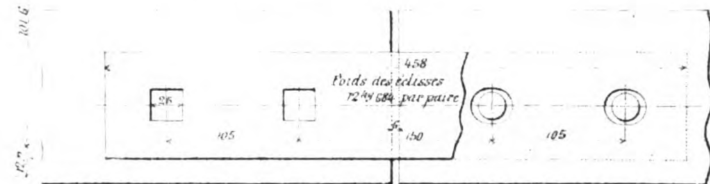
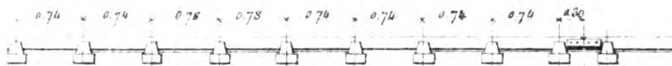
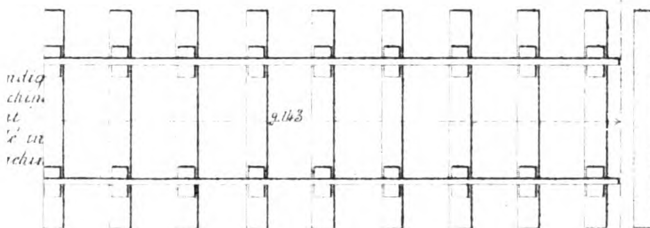


Fig. 4.

Pose de la Voie _ Echelle de 0.01 p m





...line

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

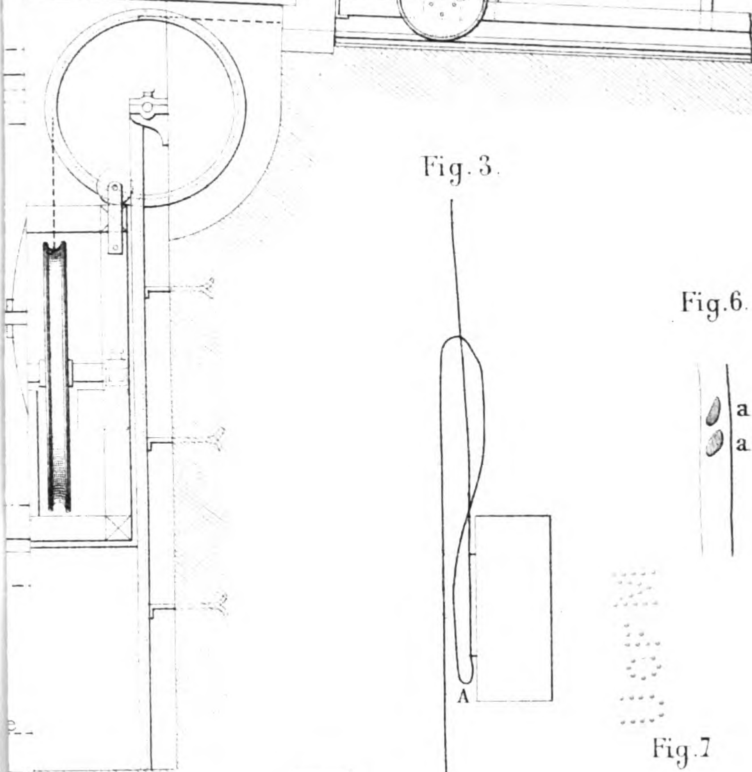


Fig. 6.

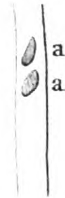


Fig. 7





Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Plan

...teur de résidus de Naphte, système Béreznef.

Fig. 5. Coupe AB.

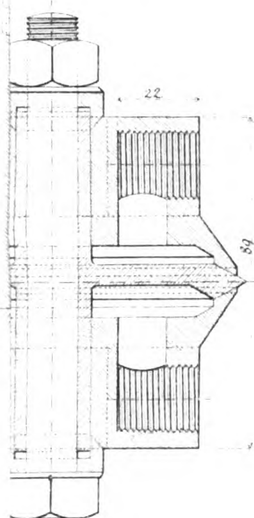
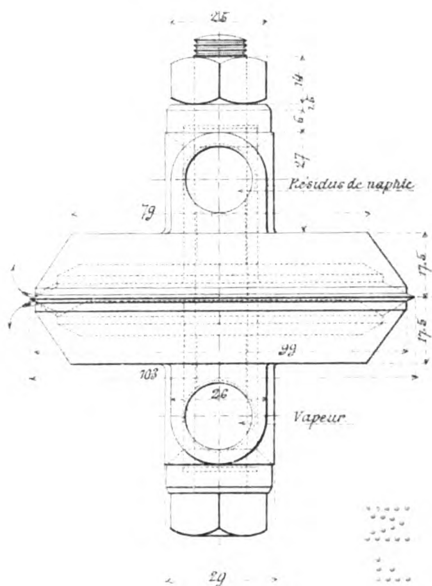
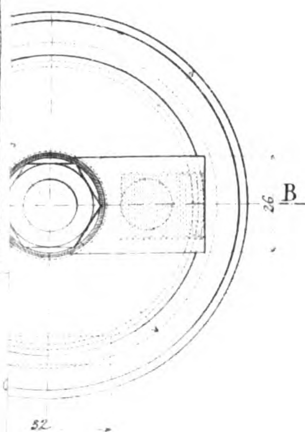


Fig. 6. Vue en élévation

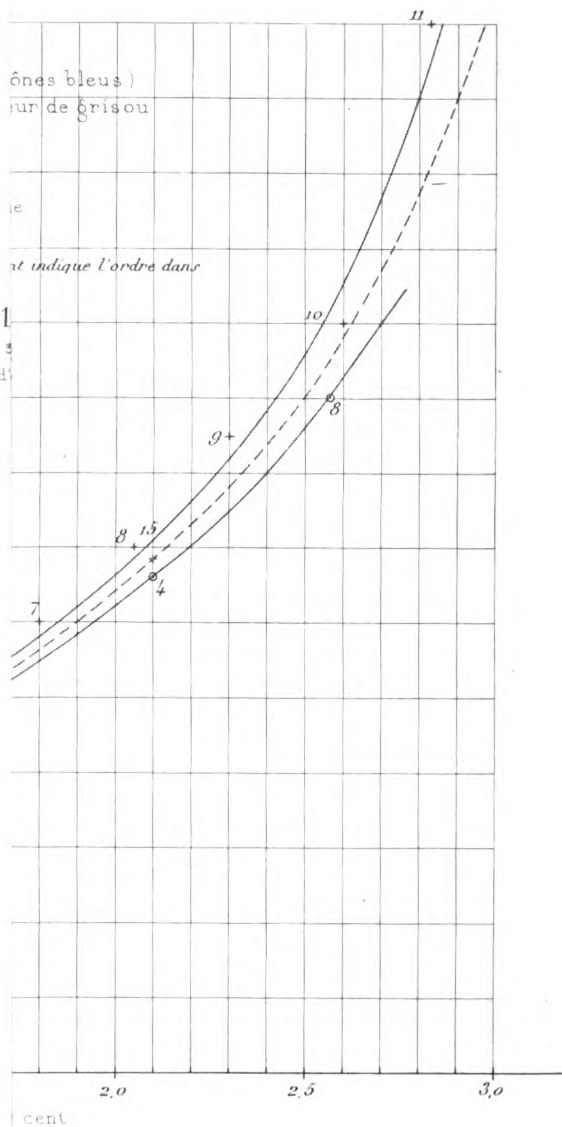


Vue en plan



Echelle des Fig 5 à 7:
0m.50 par mètre

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

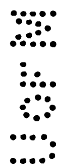


ônes bleus)
eur de grisou
ıe
nt indique l'ordre dans
Fig. 1
Echelle
randeur d'
11
10
9
8
8
15
4
7
2,0
2,5
3,0
cent

Macquet sc

0,1 3,40 4,60

eur de



IMP. MONROCQ, A PARIS.

Cornue Auerbach
[Tr]aitement des mattes cuivreuses.

Fig. 5

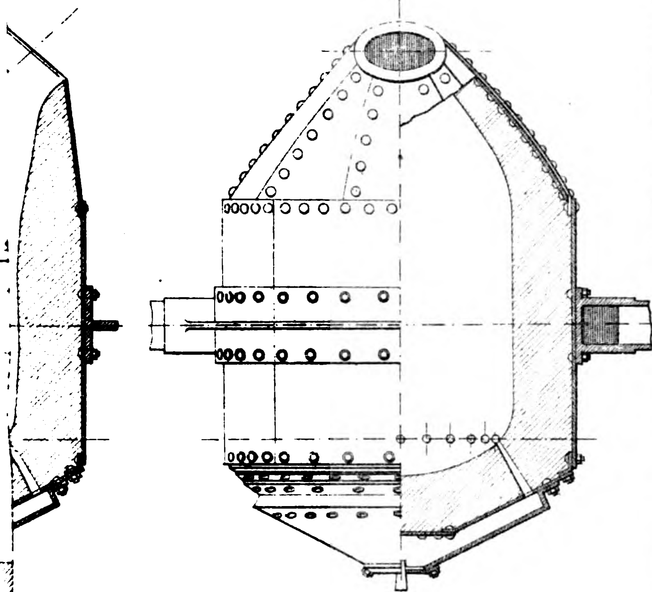
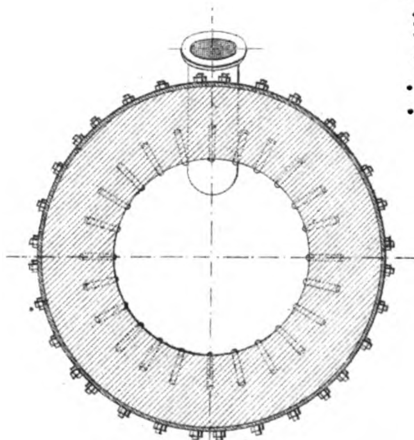


Fig. 7.



[S]érie, Tom[e]

Auto-Imp. L. COURTIER, 43, rue de Dunkerque, Paris.

leur

6 m/m

2 m/m

1 m/m

a------ Fig. 1.

vation du four.

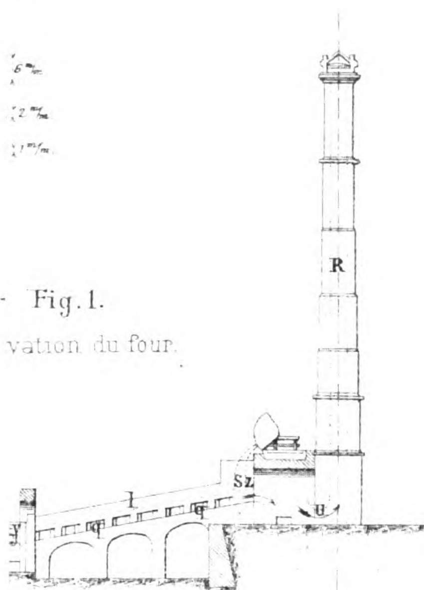
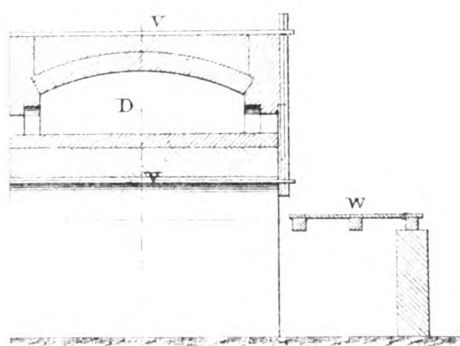


Fig. 4. Coupe c d.





Echelle 1/400e

2164 7 92

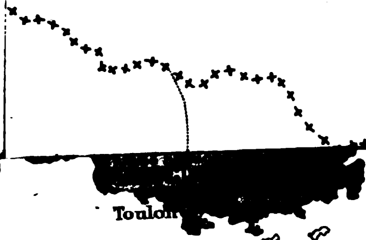
Auto-Imp. L. COURTIER, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Pl.IX

FRANCE SISMIQUE

arte des localités ébranlées

(Jours de Tremblements de terre)



S.t Je
plus ter
ent ébra

nées.

asses alp

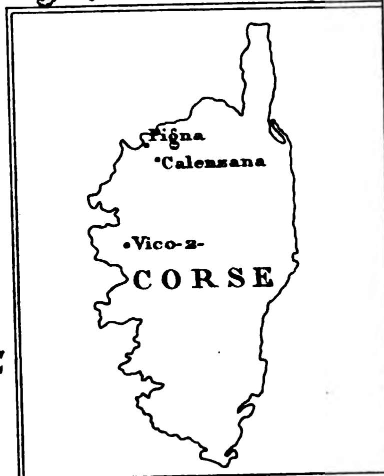
R

e des Py

R A N É E

e.

e. Tome II

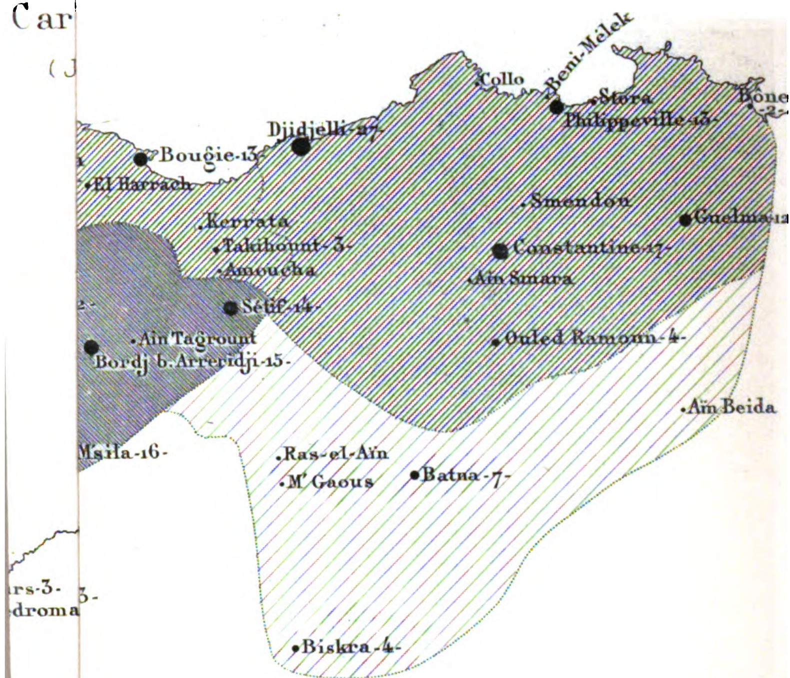


Macquet sc

A R A N É E

Car

(J



rs-3- 3-
droma

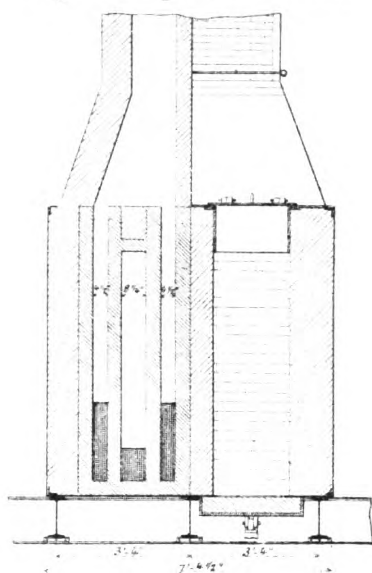
Les ré
qu' elle

Litt
La
Au
Or
Or
Ba

des M

Macquet sc

Fig. 4. Coupe transversale



Echelle de 1/50 pour les Fig 1,2 3,4
d° 1/100 d° 5,6 et 7

Fig. 5. Coupe longitudinale

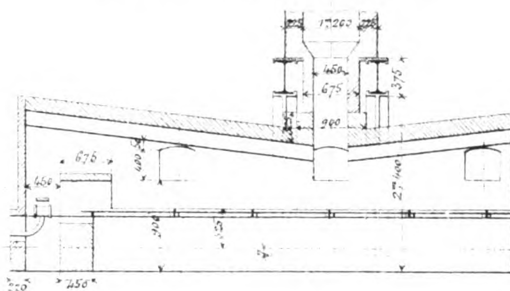
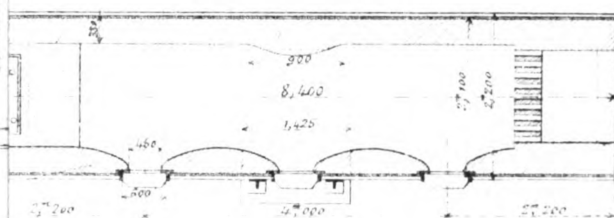


Fig. 7. Plan d'un four



Auto-Imp. L. COURTIER, 43, rue de Dunkerque, Paris.

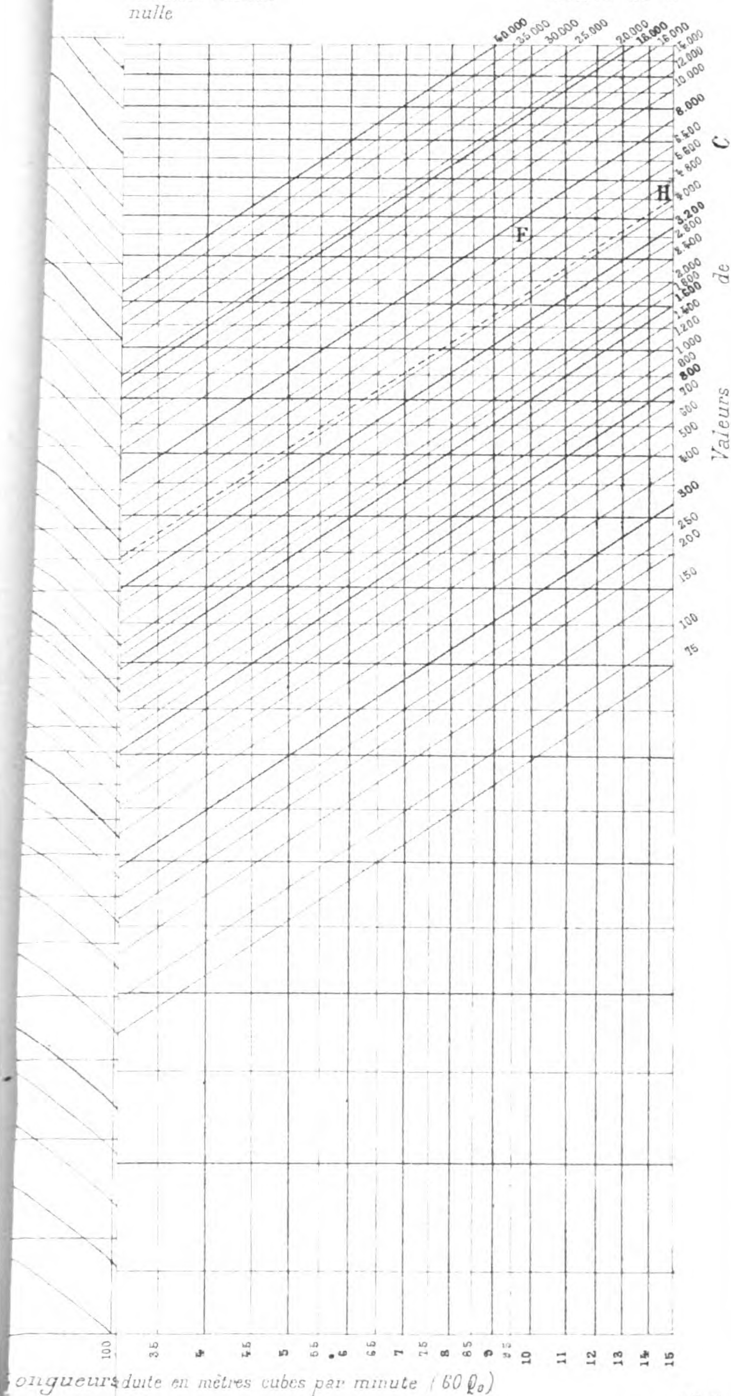
Pl. XIII



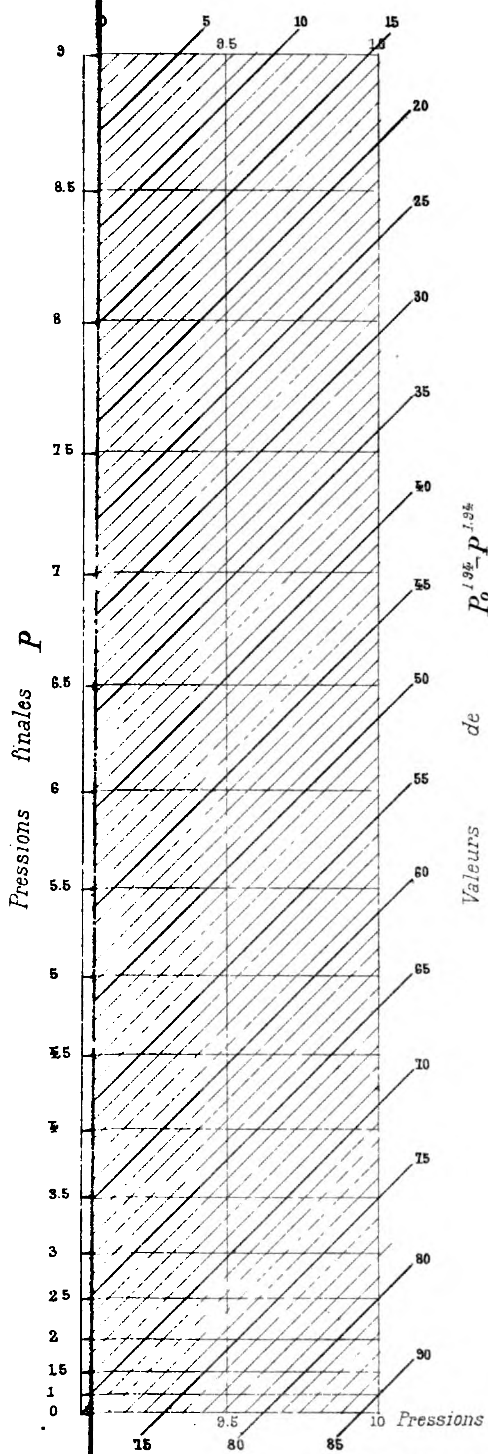
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Annal

...nprimé débités par des conduites de divers diamètres,
...rminées de la fonction C.

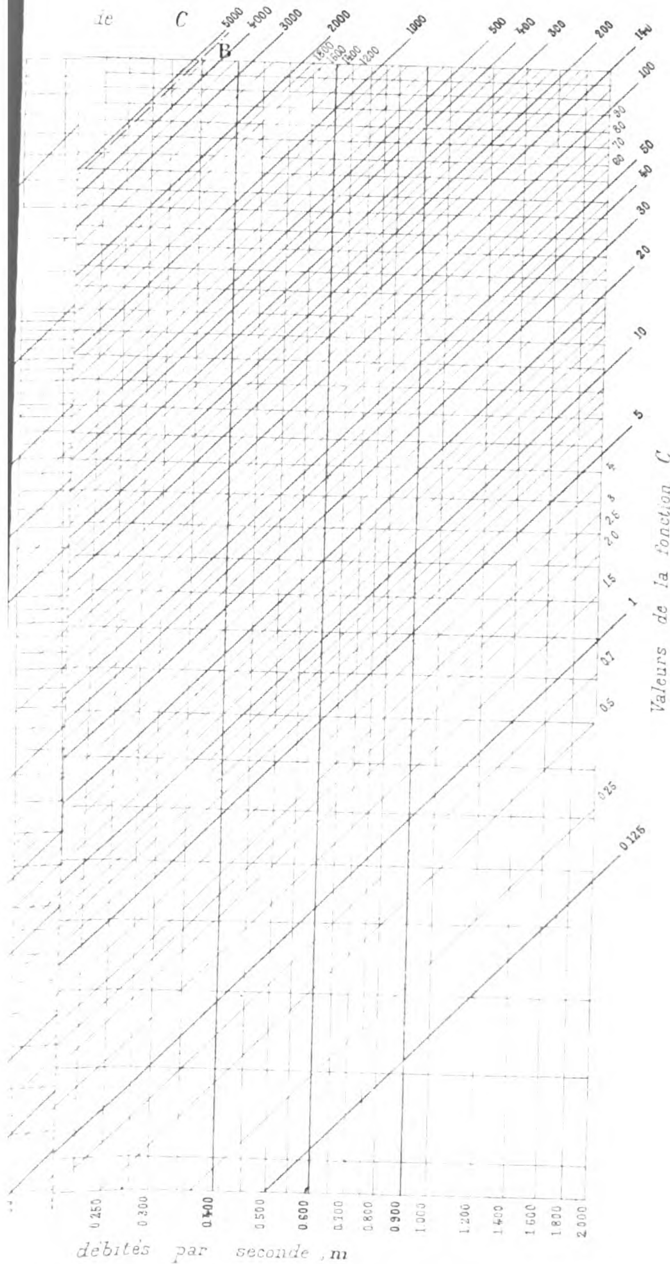


Auto-Imp. L. COURTIER, 43, rue de Dunkerque, Paris.



Auto-Imp. L. COURTIER, 43, rue de Dunkerque, Paris.

· débités par les conduites de divers diamètres
éterminées de la fonction C



fine

Auto-Imp. L. COURTIER, 43, rue de Dunkerque, Paris.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

NEUVIÈME SÉRIE.

TOME II.

11ᵉ LIVRAISON DE 1892.

N. B. — Les Pl. XIII à XVI comprises dans la présente livraison font immédiatement suite à la Pl. XI de la 9ᵐᵉ livraison, l'absence de Pl. XII résultant simplement d'une erreur de numérotage, reconnue trop tard pour qu'il ait été possible de la rectifier.

PARIS.

Vᵛᴱ CH. DUNOD, EDITEUR,

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES,

Quai des Augustins, 49

1892

TABLE DES MATIÈRES.

Novembre.

PARTIE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

Pages.

Note sur les principaux gisements minéraux de la région du Caucase; par M. *Leproux*. 491

Étude sur les pertes de charge de l'air comprimé et de la vapeur dans les tuyaux de conduite; par M. *Ledoux*. . . . , ... 541

BULLETIN.

Sur les empreintes du sondage de Douvres; par M. *R. Zeiller*. . . 599

Production minérale de l'Espagne en 1890. 602

Novembre.

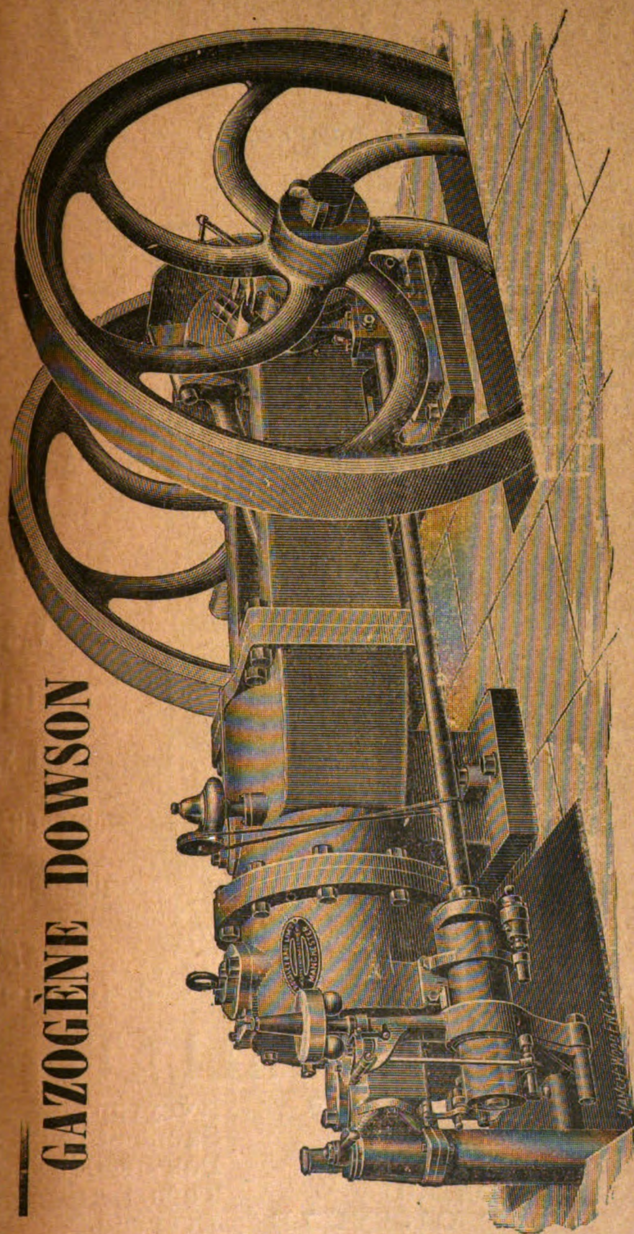
PARTIE ADMINISTRATIVE.

Lois, décrets et arrêtés concernant les mines, carrières, sources d'eaux minérales, chemins de fer en exploitation, etc. 299

Jurisprudence 300

Personnel. 305

GAZOGÈNE DOWSON



Le Moteur à gaz CROSSLEY, alimenté par le gazogène Dowson, ne consomme que **600 à 700** grammes d'anthracite par cheval et par heure. Le gaz Dowson pour chauffage industriel revient à **un centime** le mètre.

Seuls agents des Moteurs Crossley et du Gazogène Dowson :

J. & O.-G. PIERSON, 54, Faubourg Montmartre, Paris

MAGASIN D'EXPOSITION, 47, RUE LAFAYETTE

PLUS DE 40.000 MOTEURS EN MARCHE

nt **19,000** *sortis de la Maison Crossley*

DE 1/2 A 140 CHEVAUX

LOUIS FLASSE
ET SES FILS
à Ville Pommerœul (Hainaut) Belgique
et Dombasle-sur-Meurthe, France

ENTREPRISE A FORFAIT
DE SONDAGES ET PUITS ARTÉSIENS
A GRANDS DIAMÈTRES DE TOUTE PROFONDEUR

SONDAGES D'EXPLOITATION DE SALINES
et réparation des Sondages écroulés par suite de la dissolution du sel

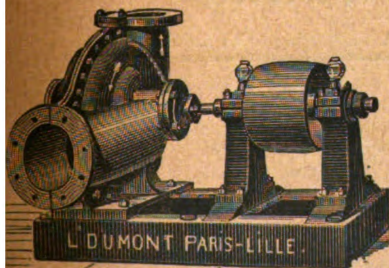
SYSTÈME A CHUTE-LIBRE
LE PLUS PERFECTIONNÉ DU JOUR, MARCHE GARANTIE RÉGULIÈRE ET RAPIDE

LOCATION DE MATÉRIEL, ETC.

AISON FONDÉE EN 1868

L. DUMONT
PARIS, 55, rue Sedaine
LILLE, 100, rue d'Isly

OMPES CENTRIFUGES
MÉDAILLE D'OR
EXPOSITION UNIVERSELLE 1889



able aux manufactures en général et pour travaux d'épuisement
POMPES CONJUGUÉES POUR GRANDES ÉLÉVATIONS
SUPÉRIORITÉ JUSTIFIÉE
PAR
000 APPLICATIONS
Envoi franco du Catalogue

LAMPES DE MINEURS
EN TOUS GENRES

COSSET-DUBRULLE FILS
INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR
LILLE — 3, rue de Toul, 3 — LILLE

LES PLUS HAUTES RÉCOMPENSES AUX EXPOSITIONS

FERMETURES AUTOMATIQUES ET A RIVETS DE PLOMB
TOUS MODÈLES EXÉCUTÉS SUR DESSINS OU TYPES
FOURNITURES DE TOUTES PIÈCES POUR ÉCLAIRAGE

Envoi franco sur demande des Prix-courants

CHARLES COUCHE

Inspecteur général des Mines,
Professeur du Cours de Construction et de Chemins de fer
à l'École supérieure des Mines.

VOIE, MATÉRIEL ROULAN[T]

ET

EXPLOITATION TECHNIQUE

DES CHEMINS DE FER

TOME I. — *Voie.* — 1 vol. in-8° et atlas. 35

TOME II. — *Matériel de transport et traction.* In-8° et atlas. 85

TOME III. — *Production et distribution de la vapeur, etc.* In-8° et atlas. 50

L'ouvrage complet. — 3 vol. in-8° et 3 atlas. . . . **155** »

VON GRODDECK

TRAITÉ DES GITES

MÉTALLIFÈRES

TRADUIT DE L'ALLEMAND

Par **H. KUSS**

Ingénieur en chef des mines.

1 volume in-8°, avec nombreuses figures intercalées dans le texte.

Prix. . . . . **15** fr.

Depuis Janvier 1892

LES ANNALES DES MINES

Paraissent tous les mois

REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER

PUBLICATION MENSUELLE TECHNIQUE

EXPLICATION DES PLANCHES.

Novembre.

Pl. XIII. — Principaux gisements minéraux de la région du Caucase.

Pl. XIV, XV et XVI. — Étude sur les pertes de charge de l'air comprimé et de la vapeur dans les tuyaux de conduite.

CONDITIONS DE L'ABONNEMENT
AUX ANNALES DES MINES.

Pour Paris.	. . . .	**20 fr.**	**par an**
Pour les Départements.	. . **franco**	**24 fr.**	—
Pour l'Etranger.	. . . . . . **franco**	**28 fr.**	—

Les ANNALES DES MINES paraissent tous les mois.

N. B. — **On peut se procurer aux mêmes prix chacune des années parues depuis 1862 inclusivement.**

ON TROUVE A LA MÊME LIBRAIRIE

BULLETIN DU MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS
STATISTIQUE ET LÉGISLATION COMPARÉE.

Prix de l'abonnement pour la France et l'étranger :

Un an (janvier à décembre). . . . . **12 fr.**

GÉOLOGIE. **Essai de géologie expérimentale**, par M. DAUBRÉE, membre de l'Institut, directeur de l'Ecole des mines, professeur de géologie au Muséum d'histoire naturelle. 1 très fort vol. grand in-8° avec vignettes et planches. 37 fr. 50

— **Les Eaux souterraines**, par le même. 3 vol. in-8°. 50 fr.

— **Substances minérales combustibles**, Minerais métalliques, minéraux utiles à l'industrie, par le même. In-8. 5 fr.

— **Tableaux géologiques des terrains**, par M. DUPONT, ing. en ch. des mines. 5 fr.

— **Cours élémentaire et pratique de géologie**; lithologie pratique, par M. Stanislas MEUNIER, docteur ès sciences, aide-naturaliste au Muséum. Prix. 8 fr.

— **Les Causes actuelles en géologie**, par le même. In-8. 10 fr.

— **Géologie régionale de la France**, par le même. In-8. 17 fr. 50.

— **Revue de géologie**, par M. DELESSE, ingénieur des mines, professeur de géologie à l'Ecole normale, président de la Société géologique, et M. LAUGEL, ingénieur des mines, vice-secrétaire de la Société géologique. Tomes I, II, III. 15 fr.

— **Revue de géologie**, par MM. DELESSE et DE LAPPARENT, tomes IV, V, VI, VII et VIII. 25 fr.

— **Travaux souterrains de Paris.**

I. Etudes hydrologiques du bassin de la Seine. Applications à l'art de l'ingénieur et à l'agriculture, par M. BELGRAND, insp. général des ponts et chaussées. Grand in-8 avec 2 cartes et 81 pl. Prix : 40 fr.

II. Les Aqueducs romains. Grand in-8 et atlas. Prix : 30 fr.

III. Les Eaux anciennes. Grand in-8 et atlas. Prix : 70 fr.

IV. Eaux actuelles. Grand in-8° et atlas. 55 fr.

V. Les Egouts et les Vidanges. Grand in-8° et atlas. 50 fr.

MINÉRALOGIE. **Manuel de minéralogie**, par M. DES CLOIZEAUX, maître de conférences à l'Ecole normale supérieure. Le tome Ier, 1 vol. in-8° avec son atlas. 20 fr.

— Le 1er fascicule du tome II. In-8 avec planches. 10 fr.

CRISTALLOGRAPHIE. **Cours professé à l'École des mines**, par M. MALLARD, ing. en ch. des mines. Tome I et II 45 fr.

EXPLOITATION DES MINES. **Cours professé à l'École des mines**; par M. CALLON, insp. gén. des mines. La publication a été achevée par M. BOUTAN, ing. des mines. 3 vol. avec atlas. Prix : 75 fr.

— **Cours professé à l'École des mines** par M. Haton de la Goupillière. 2 vol. in-8. 60 fr.

MÉTALLURGIE. **Cours de métallurgie professé à l'École des mines**, par M. GRUNER, inspecteur général des mines. Principes généraux. — Combustibles. — Fonte, fer et acier.

En vente les tomes I et II, 1re partie, 2 gr. in-8 et atlas. 60 fr.

— **Cours de métallurgie**, par M. RIVOT, professeur à l'Ecole des mines. 3 vol. in-8 avec atlas de 40 planches. 55 fr.

Analyse au chalumeau, traduit de l'anglais de M. CORNWAL, par M. THOULET. Grand in-8, relié. 25 fr.

Analyses faites au laboratoire de l'École des mines, de minerais de fer, d'eaux minérales, etc. 3 vol. in-4. 20 fr.

JURISPRUDENCE DES MINES, minières, forges et carrières, à l'usage des exploitants, maîtres de forges, ingénieurs, par M. Etienne DUPONT, ingénieur en chef, directeur de l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne. 3 vol. in-8. 25 fr.

COURS DE LÉGISLATION DES MINES, par M. Etienne DUPONT, inspecteur général des mines, professeur de législation, droit administratif et économie industrielle à l'Ecole des mines. 1 vol. in-8°. 15 fr.

CHEMINS DE FER. Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer; par M. C. COUCHE, inspecteur général, professeur du cours de construction et de chemins de fer à l'Ecole des mines. Tome Ier, Voie; tome II, Matériel de transport et Traction; tome III, Production et Distribution de la Vapeur, Freins, Effet utile de la locomotive. 3 vol. in-8 et 3 atlas contenant 151 grandes planches. Prix : 155 fr.

On vend séparément

Le tome Ier.	35 fr.
Le tome II	85 fr.
Le tome III.	50 fr.

PARIS. — IMPRIMERIE C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07058 4373



